

ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA
DOUTORADO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

JOÃO FRANCISCO STAFFA DA COSTA

**NEUROCIÊNCIAS E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA: INDICADORES QUALITATIVOS PARA A
SALA DE AULA DA EDUCAÇÃO BÁSICA**

Porto Alegre
2024

PÓS-GRADUAÇÃO - *STRICTO SENSU*



Pontifícia Universidade Católica
do Rio Grande do Sul

Ficha Catalográfica

C837n Costa, João Francisco Staffa da

Neurociências e Educação Matemática : Indicadores Qualitativos para a Sala de Aula da Educação Básica / João Francisco Staffa da Costa. – 2024.

475 f.

Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, PUCRS.

Orientadora: Profa. Dra. Valderez Marina do Rosário Lima.

1. Neurociências. 2. Educação Matemática. 3. Aprendizagem de Matemática. 4. Indicadores Qualitativos. 5. Metanálise Qualitativa. I. Lima, Valderez Marina do Rosário. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da PUCRS
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Bibliotecária responsável: Clarissa Jesinska Selbach CRB-10/2051

JOÃO FRANCISCO STAFFA DA COSTA

**NEUROCIÊNCIAS E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA: INDICADORES
QUALITATIVOS PARA A SALA DE AULA DA EDUCAÇÃO BÁSICA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul como requisito para obtenção do título de **Doutor em Educação em Ciências e Matemática**.

Orientadora: Profa. Dra. Valderez Marina do Rosário Lima.

Porto Alegre
2024

JOÃO FRANCISCO STAFFA DA COSTA

**NEUROCIÊNCIAS E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA: INDICADORES
QUALITATIVOS PARA A SALA DE AULA DA EDUCAÇÃO BÁSICA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul como requisito para obtenção do título de **Doutor em Educação em Ciências e Matemática**.

Aprovada em 10 de janeiro de 2024.

BANCA EXAMINADORA:

Dra. Valderez Marina do Rosário Lima (Orientadora – PUCRS)

Dra. Adriana Breda (Universidade de Barcelona – UB)

Dra. Fernanda Antoniolo Hammes de Carvalho (Insight Consultoria Educacional e Corporativa)

Dra. Edla Eggert (PUCRS)

Dr. Luciano Denardin de Oliveira (PUCRS)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de realizar um agradecimento especial à minha orientadora, a professora doutora **Valderez Marina do Rosário Lima**. Foi a partir do olhar atento dela que tive a oportunidade de cursar o Mestrado, em 2012, com uma bolsa de estudos. Ela me mostrou que, além de competência técnica, um orientador precisa ter olhar sensível e acolhedor com seus orientandos. Ela soube me acolher, escutar e aconselhar em momentos de incertezas e dificuldades no decorrer do curso de Doutorado. Aprendi que além de competência teórica e técnica, um professor deve ser, acima de tudo, humano e que excelência acadêmica, exigência e sensibilidade podem coexistir. Obrigado por sempre me respeitar como professor e pesquisador. Obrigado por enxergar em mim um potencial que eu nunca pensei que pudesse ter. Obrigado por acreditar nas minhas potencialidades e me ajudar a realizar mais um sonho! Tu és uma referência para mim!

Gostaria de agradecer, também, a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PPGEDUCEM/PUCRS), em especial ao professor Doutor **Maurivan Güntzel Ramos** (*in memoriam*) por seu trabalho incansável para tornar o nosso programa um ambiente de excelência acadêmica. Agradeço, também, a secretária Luciana Schwert Apolo pelo trabalho brilhante e carinho com toda a comunidade do PPGEDUCEM da PUCRS.

Aos meus pais, **Rosa Pereira Staffa** e **Vitor Hugo Rodrigues da Costa**. Um agradecimento especial àqueles que sempre compreenderam o valor da educação e, por meio de seus esforços, permitiram que eu concluísse o curso de Doutorado em Educação em Ciências e Matemática. Vocês são demais!

À minha irmã **Carolina Staffa da Costa**, que é minha parceira de vida e que se faz presente em todos os momentos que são importantes para mim. Obrigado pelo apoio incondicional!

Às minhas amigas **Andreia Dihl Moraes** e **Giovana Leoneti Moreira**, por nunca soltarem a minha mão em muitos momentos no decorrer desse curso. Saber que temos com quem contar em momentos difíceis conforta o nosso coração. Obrigado, gurias!

Ao meu companheiro **Carlos Bruno Cabral de Oliveira**, por me permitir dividir a vida, me incentivar incondicionalmente e por entender todos os momentos de ausência e dificuldades durante a realização dessa pesquisa. Obrigado por tudo!

RESUMO

Esta investigação teve como objetivo construir indicadores qualitativos, baseados na Neurociência Cognitiva, para os docentes efetivarem o planejamento, o acompanhamento e a avaliação de aulas de Matemática da Educação Básica a partir de metanálise qualitativa. O substrato teórico foi organizado a partir de temáticas consideradas fundamentais à compreensão da Neurociência Cognitiva, cujo escopo são as questões relacionadas à cognição e aprendizagem, no caso particular desta tese, da matemática. Desse modo, anatomia e fisiologia cerebral, atenção, memória, motivação, emoção e funções executivas foram os tópicos que deram sustentação teórica para o estudo apresentado. Metodologicamente, trata-se de uma investigação de abordagem qualitativa, do tipo metanálise qualitativa. Os dados foram artigos avaliados por pares, originados a partir de três buscadores e/ou bancos de dados (Google Acadêmico, *Web of Science* e *Scopus*) e em três idiomas (português, inglês e espanhol), selecionados, fazendo o uso de uma estrutura de busca previamente elaborada e aplicando-se critérios de inclusão e exclusão estabelecidos. Desse modo, foram eleitos 47 artigos para compor o *corpus* de investigação, cujos dados foram tratados, utilizando a Análise Textual Discursiva (ATD) como método de análise. A partir da leitura, foram selecionadas 844 unidades de sentido, os quais foram organizadas em quatro categorias emergentes: (1) Indicadores originados da Neurociência e a sua relação com a aprendizagem de Matemática; (2) Indicadores originados da Neurociência e a sua relação com a ação pedagógica; (3) Indicadores biológicos e a sua relação com a aprendizagem de Matemática; e (4) A confluência entre as pesquisas neurocientíficas e os processos de ensino e aprendizagem de Matemática. Os resultados permitiram a emergência de um conjunto de indicadores baseados na Neurociência que podem ser incorporados à prática docente de modo a potencializar as possibilidades de os alunos aprenderem Matemática na escola.

Palavras-chave: Neurociências. Educação matemática. Ensino de matemática. Aprendizagem de matemática. Neurociência cognitiva. Indicadores qualitativos. Metanálise qualitativa.

ABSTRACT

This research aimed to construct qualitative indicators, based on cognitive neuroscience, for teachers to carry out the planning, monitoring, and evaluation of Mathematics classes in Basic Education, through qualitative meta-analysis. The theoretical framework was organized around themes considered fundamental for understanding cognitive neuroscience, focusing on issues related to cognition and learning, particularly in the case of mathematics in this thesis. Thus, brain anatomy and physiology, attention, memory, motivation, emotion, and executive functions were the topics that provided the theoretical support for the presented study. Methodologically, it is a qualitative research investigation, specifically a qualitative meta-analysis. The data consisted of peer-reviewed articles obtained from three search engines and/or databases (Google Scholar, Web of Science, and Scopus) and in three languages (Portuguese, English, and Spanish), selected using a previously developed search structure and applying established inclusion and exclusion criteria. Thus, 47 articles were selected to compose the research *corpus*, and the data were processed using Discursive Textual Analysis (DTA) as the analysis method. From the readings, 844 units of meaning were selected and organized into four emerging categories: (1) Indicators originated from neuroscience and their relation to the learning of mathematics; (2) Indicators originated from neuroscience and their relation to pedagogical action; (3) Biological indicators and their relation to the learning of mathematics; and (4) The confluence between neuroscientific research and the processes of teaching and learning mathematics. The results allowed for the emergence of a set of indicators based on neuroscience that can be incorporated into teaching practices to enhance the possibilities of students learning mathematics in school.

Keywords: Neurosciences. Mathematical education. Teaching of mathematics. Learning of mathematics. Cognitive neuroscience. Qualitative indicators. Qualitative meta-analysis.

.

LISTA DE ESQUEMAS

Esquema 1 – Desenvolvimento embrionário do cérebro	40
Esquema 2 – Componentes do Sistema Nervoso Central (SNC)	41
Esquema 3 – Tipos de atenção	47
Esquema 4 – Etapas do processo da memória	54
Esquema 5 – Tipos de memória em relação à duração	55
Esquema 6 – Classificação da memória de longa duração	60
Esquema 7 – Modelo modal de memória	62
Esquema 8 – A emoção a partir de estímulo sonoro	92
Esquema 9 – Organização metodológica do estudo	104
Esquema 10 – Etapas da metanálise	116
Esquema 11 – Exemplo de codificação do <i>corpus</i>	125
Esquema 12 – Etapas da ATD	129
Esquema 13 – Organização da Categoria 1: Indicadores originados da neurociência e a sua relação com a aprendizagem de matemática	314
Esquema 14 – Organização da Categoria 2: Indicadores originados da neurociência e a sua relação com a ação pedagógica	351
Esquema 15 – Organização da Categoria 3: Indicadores biológicos e sua relação com a aprendizagem de matemática	409

Esquema 16 – Organização da Categoria 4: As confluências entre as pesquisas neurocientíficas e os processos de ensino e aprendizagem de matemática 430

Esquema 17 – Argumentos aglutinadores e tese 457

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura do neurônio	43
Figura 2 – Estrutura do córtex cerebral	44
Figura 3 – Pirâmide das necessidades de Maslow	81
Figura 4 – Circuito de Papez	91
Figura 5 – Distribuição de documentos encontrados na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Portuguesa	142
Figura 6 – Distribuição percentual de documentos encontrados na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Portuguesa	142
Figura 7 – Frequência absoluta de artigos encontrados na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Portuguesa	143
Figura 8 – Frequência absoluta de artigos por <i>qualis</i> encontrados na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Portuguesa	144
Figura 9 - Distribuição de documentos excluídos na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Portuguesa	145
Figura 10 – Distribuição de documentos encontrados na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Espanhola	148
Figura 11 – Distribuição percentual de documentos encontrados na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Espanhola	149
Figura 12 – Frequência absoluta de artigos encontrados na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Espanhola	150

Figura 13 – Frequência absoluta de artigos por <i>qualis</i> encontrados na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Espanhola	151
Figura 14 – Distribuição de documentos excluídos na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Espanhola	152
Figura 15 – Distribuição de documentos encontrados na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Inglesa	155
Figura 16 – Distribuição percentual de documentos encontrados na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Inglesa	155
Figura 17 – Frequência absoluta de artigos encontrados na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Inglesa	156
Figura 18 – Frequência absoluta de artigos por <i>qualis</i> encontrados na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Inglesa	157
Figura 19 – Distribuição de documentos encontrados na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Inglesa	158
Figura 20 – Distribuição de documentos encontrados na busca no <i>Scopus</i> com a estrutura de busca em Língua Inglesa	160
Figura 21 – Distribuição percentual de documentos encontrados na busca no <i>Scopus</i> com a estrutura de busca em Língua Inglesa	161
Figura 22 – Frequência absoluta de artigos encontrados na busca da base <i>Scopus</i> com a estrutura de busca em Língua Inglesa	162
Figura 23 – Frequência absoluta de artigos por <i>qualis</i> encontrados na busca do <i>Scopus</i> com a estrutura de busca em Língua Inglesa	163

Figura 24 – Distribuição de documentos excluídos na busca do <i>Scopus</i> com a estrutura de busca em Língua Inglesa	164
Figura 25 – Distribuição de documentos encontrados na busca do <i>Web of Science</i> com a estrutura de busca em Língua Inglesa	167
Figura 26 – Distribuição percentual de documentos encontrados na busca no <i>Web of Science</i> com a estrutura de busca em Língua Inglesa	167
Figura 27 – Frequência absoluta de artigos encontrados na busca da base <i>Web of Science</i> com a estrutura de busca em Língua Inglesa	168
Figura 28 – Frequência absoluta de artigos por <i>qualis</i> encontrados na busca do <i>Web of Science</i> com a estrutura de busca em Língua Inglesa	169
Figura 29 – Distribuição de documentos excluídos na busca do <i>Web of Science</i> com a estrutura de busca em Língua Inglesa	170
Figura 30 – Quantidade de artigos publicados por ano, considerando o <i>corpus</i> do estudo ...	311

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Breve histórico da Neurociência	36
Quadro 2 – Quadro síntese da seção 4.1 – Fundamentos da Neurociência.....	38
Quadro 3 – Resumo das zonas cerebrais ativadas em atividades matemáticas	45
Quadro 4 – Quadro síntese da seção 4.1.1 – Anatomia e fisiologia cerebral	46
Quadro 5 – Quadro síntese da seção 4.1.2 – Atenção	50
Quadro 6 – Quadro síntese da seção 4.1.3 – Memória	67
Quadro 7 – Relações entre funções executivas e aprendizagem	75
Quadro 8 – Quadro síntese da seção 4.1.4 – Funções executivas	76
Quadro 9 – Quadro síntese da seção 4.1.5 – Motivação	82
Quadro 10 – Quadro síntese da seção 4.1.6 – Emoção	93
Quadro 11 – Quadro síntese da seção 4.2 – Fundamentos epistemológicos	102
Quadro 12 – Características da pesquisa qualitativa	110
Quadro 13 – Etapas da Metanálise qualitativa para esta investigação	117
Quadro 14 – Exemplo de ficha para a caracterização dos estudos selecionados	135
Quadro 15 – Estruturas de busca e resultados	137
Quadro 16 – Resultados da busca 1 - Artigos selecionados no Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Portuguesa	146

Quadro 17 – Resultados da busca 2 - Artigos selecionados no Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Espanhola	152
Quadro 18 – Resultados da busca 3 - Artigos selecionados no Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Inglesa	158
Quadro 19 – Resultados da busca 6 - Artigos selecionados no <i>Scopus</i> com a estrutura de busca em Língua Inglesa	164
Quadro 20 – Resultados da busca 9 - Artigos selecionados no <i>Web of Science</i> com a estrutura de busca em Língua Inglesa	171
Quadro 21 – Ficha de leitura do artigo A1	167
Quadro 22 – Ficha de leitura do artigo A2	173
Quadro 23 – Ficha de leitura do artigo A3	175
Quadro 24 – Ficha de leitura do artigo A4	177
Quadro 25 – Ficha de leitura do artigo A5	178
Quadro 26 – Ficha de leitura do artigo A6	180
Quadro 27 – Ficha de leitura do artigo A7	181
Quadro 28 – Ficha de leitura do artigo A8	183
Quadro 29 – Ficha de leitura do artigo A9	185
Quadro 30 – Ficha de leitura do artigo A10	186
Quadro 31 – Ficha de leitura do artigo A11	187

Quadro 32 – Ficha de leitura do artigo A12	189
Quadro 33 – Ficha de leitura do artigo A13	190
Quadro 34 – Ficha de leitura do artigo A14	192
Quadro 35 – Ficha de leitura do artigo A15	195
Quadro 36 – Ficha de leitura do artigo A16	199
Quadro 37 – Ficha de leitura do artigo A17	201
Quadro 38 – Ficha de leitura do artigo A18	203
Quadro 39 – Ficha de leitura do artigo A19	209
Quadro 40 – Ficha de leitura do artigo A20	212
Quadro 41 – Ficha de leitura do artigo A21	217
Quadro 42 – Ficha de leitura do artigo A22	221
Quadro 43 – Ficha de leitura do artigo A23	224
Quadro 44 – Ficha de leitura do artigo A24	226
Quadro 45 – Ficha de leitura do artigo A25	231
Quadro 46 – Ficha de leitura do artigo A26	235
Quadro 47 – Ficha de leitura do artigo A27	240
Quadro 48 – Ficha de leitura do artigo A28	245

Quadro 49 – Ficha de leitura do artigo A29	248
Quadro 50 – Ficha de leitura do artigo A30	252
Quadro 51 – Ficha de leitura do artigo A31	257
Quadro 52 – Ficha de leitura do artigo A32	263
Quadro 53 – Ficha de leitura do artigo A33	268
Quadro 54 – Ficha de leitura do artigo A34	271
Quadro 55 – Ficha de leitura do artigo A35	272
Quadro 56 – Ficha de leitura do artigo A36	274
Quadro 57 – Ficha de leitura do artigo A37	277
Quadro 58 – Ficha de leitura do artigo A38	280
Quadro 59 – Ficha de leitura do artigo A39	282
Quadro 60 – Ficha de leitura do artigo A40	284
Quadro 61 – Ficha de leitura do artigo A41	290
Quadro 62 – Ficha de leitura do artigo A42	291
Quadro 63 – Ficha de leitura do artigo A43	297
Quadro 64 – Ficha de leitura do artigo A44	299
Quadro 65 – Ficha de leitura do artigo A45	301

Quadro 66 – Ficha de leitura do artigo A46	304
Quadro 67 – Ficha de leitura do artigo A47	308
Quadro 68 – Quantidade de unidades de sentido por subcategoria	313
Quadro 69 – Síntese da subcategoria 1.1	320
Quadro 70 – Síntese da subcategoria 1.2	324
Quadro 71 – Síntese da subcategoria 1.3	336
Quadro 72 – Síntese da subcategoria 1.4	356
Quadro 73 – Sugestões de atividades para exercitar a memória de trabalho	364
Quadro 74 – Matriz de classificação de tarefas	368
Quadro 75 – Níveis de Transformação da Atenção e respectivas tarefas	369
Quadro 76 – Síntese da subcategoria 2.1	376
Quadro 77 – Síntese da subcategoria 2.2	395
Quadro 78 – Síntese da subcategoria 2.3	406
Quadro 79 – Síntese da categoria 3	427
Quadro 80 – Possibilidades de pesquisas futuras apontadas nas pesquisas	436
Quadro 81 – Síntese da categoria 4	439

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Motivos de exclusão dos artigos encontrados na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Portuguesa	145
Tabela 2 – Motivos de exclusão dos artigos encontrados na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Espanhola	151
Tabela 3 – Motivos de exclusão dos artigos encontrados na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Inglesa	157
Tabela 4 – Motivos de exclusão dos artigos encontrados na busca do <i>Scopus</i> com a estrutura de busca em Língua Inglesa	163
Tabela 5 – Motivos de exclusão dos artigos encontrados na busca do <i>Web of Science</i> com a estrutura de busca em Língua Inglesa	170
Tabela 6 – Quantidade de artigos publicados por ano, considerando o <i>corpus</i> do estudo ...	310
Tabela 7 – Quantidade de unidades de sentido por categoria	312

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

AC – Análise de Conteúdo.

AG – Giro Angular Direito.

AM – Ansiedade Matemática.

ANS – *Approximate Number System*

ATD – Análise Textual Discursiva.

BDNF – Fator Neurotrófico Derivado do Cérebro.

BDTD – Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações.

CC – *Core Collection*

CONEDU – Congresso Nacional de Educação.

EAD – Educação a Distância.

EUA – Estados Unidos da América.

EJA – Educação de Jovens e Adultos.

FE – Funções Executivas.

GA – Google Acadêmico.

HIPS – Sulco Intraparietal Horizontal.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano.

IE – Inteligência Emocional.

IFG – Giro Frontal Inferior.

IPS – Sulco Intraparietal.

ISI – *Institute for Scientific Information*

ISO – Organização Internacional para Padronização.

ISSN – *International Standard Serial Number*

LIPFC – Córtex Pré-Frontal Lateral Inferior.

MCP – Memória de Curto Prazo.

NA – Não se Aplica

OA – Objeto de Aprendizagem.

OARE – *Online Access to Research in the Environment*.

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico.

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais.

PISA – Programa Internacional de Avaliação dos Estudantes.

PNLD – Programa Nacional do Livro e do Material Didático.

PSPL – Lobo Parietal Posterior Superior.

PUCRS – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

RAM – *Random Access Memory*.

RBECT – Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia.

SciELO – Biblioteca Científica Eletrônica *Online*.

SC – SciELO.

TBL – Aprendizagem Baseada em Equipes.

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso.

TIC – Tecnologias de Informação e Comunicação.

UFF – Universidade Federal Fluminense.

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

UFSCar – Universidade Federal de São Carlos.

WoS – *Web of Science*

SUMÁRIO

1 OS CAMINHOS QUE ME TROUXERAM ATÉ AQUI: BREVE PERCURSO ACADÊMICO.....	24
2 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	29
3 OBJETIVOS	35
3.1 OBJETIVO GERAL	35
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	35
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	36
4.1 FUNDAMENTOS DA NEUROCIÊNCIA	36
4.1.1 Anatomia e fisiologia cerebral.....	39
4.1.2 Atenção	46
4.1.3 Memória	51
4.1.4 As funções executivas	69
4.1.5 Motivação	77
4.1.6 Emoção	84
4.2 ENSINO DE MATEMÁTICA: FUNDAMENTOS EPISTEMOLÓGICOS	95
5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	104
5.1 ABORDAGEM DO ESTUDO	104
5.2 TIPO DE PESQUISA.....	113
5.3 METANÁLISE QUALITATIVA	114
5.4 INDICADORES QUALITATIVOS.....	119
5.5 A ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA.....	123

6 PROCEDÊNCIA DOS DADOS	130
6.1 BASES.....	131
6.1.1 Google Acadêmico	131
6.1.2 <i>Web of Science</i> (WoS)	132
6.1.3 <i>Scopus</i>	132
6.2 ORGANIZAÇÃO DOS DADOS COLETADOS	132
6.3 PROCEDIMENTOS PARA A SELEÇÃO DOS ESTUDOS	136
7 METANÁLISE QUALITATIVA – PRINCÍPIOS E PROCEDIMENTOS.....	139
7.1 ETAPA 1 – FORMULAÇÃO DA PERGUNTA	140
7.2 ETAPA 2 – LOCALIZAÇÃO E SELEÇÃO DOS ESTUDOS	140
7.2.1 Busca dos estudos no Google Acadêmico em LP	141
7.2.2 Busca dos estudos no Google Acadêmico em Língua Espanhola (LE)	147
7.2.3 Busca dos estudos no Google Acadêmico em Língua Inglesa (LI).....	153
7.2.4 Busca dos estudos no <i>Scopus</i> em Língua Portuguesa (LP)	159
7.2.5 Busca dos estudos no <i>Scopus</i> em Língua Espanhola (LE)	159
7.2.6 Busca dos estudos no <i>Scopus</i> em Língua Inglesa (LI)	159
7.2.7 Busca dos estudos no <i>Web of Science</i> em Língua Portuguesa (LP)	165
7.2.8 Busca dos estudos no <i>Web of Science</i> em Língua Espanhola (LE)	166
7.2.9 Busca dos estudos no <i>Web of Science</i> em Língua Inglesa (LI)	166
7.3 FICHAMENTO DOS ARTIGOS SELECIONADOS PARA COMPOR O <i>CORPUS</i>	171

8 ANÁLISE	310
8.1 ANÁLISE DO <i>CORPUS</i> DE PESQUISA A PARTIR DA ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA: A EMERGÊNCIA DE CATEGORIAS FINAIS	311
8.1.1 Categoria 1 – Fatores originados da neurociência e a sua relação com a aprendizagem de Matemática	313
8.1.1.1 Fatores que se configuram como preditores para a aprendizagem de Matemática	315
8.1.1.2 Fatores que se configuram como pré-requisitos para a aprendizagem de Matemática	320
8.1.1.3 Fatores que se configuram como potencializadores para a aprendizagem de Matemática	324
8.1.1.4 Fatores que se configuram como riscos (inibidores) para a aprendizagem de Matemática	337
8.1.2 Categoria 2 – Fatores originados da Neurociência e a sua relação à ação pedagógica .	358
8.1.2.1 Subcategoria 2.1 – Recursos didáticos baseados na Neurociência que podem contribuir com a aprendizagem de Matemática.	360
8.1.2.2 Subcategoria 2.2 – Estratégias didáticas baseadas na Neurociência que podem contribuir com a aprendizagem de Matemática	378
8.1.2.3 Subcategoria 2.3 – Atitudes docentes que, à luz da Neurociência, podem contribuir para a aprendizagem de Matemática	397
8.1.3 Categoria 3 – Aspectos biológicos e a sua relação com a aprendizagem de matemática	408
8.1.4 Categoria 4 – As confluências entre as pesquisas neurocientíficas e os processos de ensino e aprendizagem de Matemática	429
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	440
REFERÊNCIAS	460

1 OS CAMINHOS QUE ME TROUXERAM ATÉ AQUI: BREVE PERCURSO ACADÊMICO

Esta seção tem como objetivo apresentar breve memorial descritivo dos caminhos que me trouxeram até o curso de Doutorado em Educação em Ciências e Matemática da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS). Meu percurso, em nível de graduação, iniciou-se em 2003 no curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) quando eu tinha 17 anos de idade. Sempre gostei muito de matemática e, talvez, influenciado pelo senso comum, escolhi inicialmente uma carreira com maior prestígio social do que o magistério. Imaginei que uma carreira em que a matemática tivesse bastante representatividade me satisfaria tanto quanto o magistério. Eu estava enganado. Na mesma época, eu trabalhava em um banco privado durante o dia e ministrava aulas de forma voluntária em um pré-vestibular popular no turno da noite. Isso era o que eu mais gostava de fazer.

Incentivado pelo coordenador do projeto popular, em 2008, pedi transferência para o curso de Licenciatura em Matemática e, desde então, direcionei minha carreira apenas para a docência. Essa transição levou quatro anos e meio. Concluí cerca de 50% dos créditos da Engenharia Civil e levei bastante tempo para tomar a decisão de direcionar minha carreira para a docência de forma definitiva.

Graduei-me em Licenciatura em Matemática em fevereiro de 2012 e, já em março do mesmo ano, ingressei no curso de Mestrado em Educação em Ciências e Matemática da PUCRS, conquistando uma bolsa da própria Universidade. Na época, meu interesse era trabalhar com indivíduos cegos, por uma questão de curiosidade em compreender como estudantes com essa característica aprendiam, já que o apelo visual em sala de aula é bastante grande, independente da disciplina.

Ao ingressar no curso, conheci a professora Maria Salett Biembengut, referência na área de Modelagem Matemática no Brasil. Aliando a área de pesquisa da professora ao meu desejo de compreender a aprendizagem de cegos, emergiu minha dissertação, intitulada *Percepção especial de deficiente visual por meio da Modelagem Matemática*¹,

¹ COSTA, J. F. S. **Percepção espacial de deficiente visual por meio da modelagem matemática**. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Faculdade de Física, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 170f. 2014. Disponível em: <https://tede2.pucrs.br/tede2/handle/tede/3481>. Acesso em 21 de agosto de 2023.

cujo objetivo foi analisar a percepção espacial de um geógrafo cego a partir de modelos (maquetes) de cartografia, utilizando a Modelagem Matemática como método de pesquisa. Os resultados desta investigação se encontram publicados na Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia (RBETC)².

Desde a época da Graduação, despertou-me a atenção as questões relacionadas ao ensino da Matemática e à aprendizagem deste componente curricular. Isso gerou o interesse nestes itens muito maior à Matemática Pura. Encontrar recursos e estratégias de ensino que facilitem a aprendizagem de Matemática e procurar maneiras de potencializar a aprendizagem dessa ciência são fatores motivacionais do meu trabalho em sala de aula e das minhas pesquisas no âmbito acadêmico.

Assim, em 2016, ingressei no curso de Especialização em Docência no Ensino Superior na PUCRS. Na ocasião, escrevi o artigo de conclusão intitulado *Aprendizagem baseada em equipes para o ensino de matemática em cursos superiores*³, em que propus o uso da metodologia ativa *Team Based Learning* (TBL), ou, em português, Aprendizagem Baseada em Equipes, para o ensino de porcentagem em cursos relacionados à área de negócios. Este trabalho rendeu minha participação no VI Congresso Nacional de Educação (CONEDU), realizado na cidade de Fortaleza, Ceará, em outubro de 2019. Foi um momento de compartilhamento de ideias com professores de diferentes regiões do país.

O senso da Educação Superior (Brasil, 2018) aponta que a modalidade de cursos a distância tem aumentado significativamente. De acordo com o documento, quase 47% das matrículas no Ensino Superior correspondem a essa modalidade. Com a intenção de aumentar meu campo de atuação, e sempre interessado em novas modalidades, métodos e estratégias de ensino, no ano de 2017 ingressei no curso de Especialização em Planejamento, Implementação e Gestão da Educação a Distância (EAD), pela Universidade Federal Fluminense (UFF), desenvolvendo um trabalho de conclusão

² COSTA; J. F. S.; LIMA, V. M. R.; BIEMBENGUT, M. S. Percepção espacial de uma pessoa com cegueira: das interações e das vivências. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, Ponta Grossa, v.16, p. 1-20, 2023. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/13944> . Acesso em: 31 mar. 2023.

³ COSTA; J. F. S.; LIMA, V. M. R. A aprendizagem baseada em equipes para o ensino de matemática em cursos superiores. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, VI, 2019, Fortaleza. *Anais....* Fortaleza: Editora Realize, 2019. p. 1-10. Disponível em: https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2019/TRABALHO_EV127_MD1_SA2_ID1074_1_15082019202323.pdf . Acesso em: 31 mar. 2023.

direcionado à confecção de material didático impresso aliado a outras mídias para a formação de professores de matemática.

Encerrando um ciclo de cursos de especialização, realizei o curso de Informática Instrumental para a Educação Básica na UFRGS, cujo objetivo geral era instrumentalizar professores da Educação Básica em serviço para o uso do computador em sala de aula, considerando as possibilidades de uso pedagógico de diferentes *softwares*, finalizando-o em 2019. O trabalho de conclusão⁴ teve como objetivo verificar as contribuições do uso do *software* de autoria *Hot Potatoes* no desenvolvimento de atividades relacionadas à alfabetização matemática para a Educação de Jovens e Adultos (EJA) na visão de um grupo de estudantes de Pedagogia (Costa, 2019). O resultado deste trabalho encontra-se publicado na Revista Eletrônica de Educação da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) (Costa *et al.*, 2020)⁵.

Na ocasião da defesa da minha primeira especialização, realizada na PUCRS, eu e a minha orientadora, a professora Elaine Turk Faria, decidimos contar com a participação da professora Valdevez Marina do Rosário Lima para a banca. Meu primeiro contato com a professora Valdevez ocorreu em 2012, durante minha seleção ao curso de Mestrado no momento da entrevista. Incentivado por ela, no final de 2017, fiz minha primeira seleção ao curso de Doutorado em Educação em Ciências e Matemática da PUCRS, obtendo aprovação, todavia sem conseguir a bolsa de estudos.

Mais uma vez, incentivado pela professora Valdevez, fiz nova seleção no final de 2018, conquistando uma bolsa e a possibilidade de ser orientado por ela. Assim, iniciei meus estudos em nível de doutorado no ano de 2019, na linha de pesquisa em Aprendizagem, Ensino e Formação de Professores, com o desejo de aliar ensino de Matemática e Neurociências.

Meu interesse por Neurociências se originou pela curiosidade em compreender como ocorre a aprendizagem num nível que considere processos em diferentes vertentes,

⁴ COSTA, João Francisco Staffa da. **O uso de softwares de autoria na educação de jovens e adultos: percepção de futuros professores**. 2019. 99f. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Informática Instrumental para professores da Educação Básica [Educação]. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/197245> Acesso em: 31 mar. 2023.

⁵ COSTA, J. F. S. *et al.* Uso dos softwares de autoria na elaboração de recursos didáticos para a formação de professores. **Revista Eletrônica de Educação (UFSCar)**. São Carlos, v. 14, jan./dez. p. 1-14. 2020. Disponível em: <https://www.reveduc.ufscar.br/index.php/reveduc/article/view/3750/994> Acesso em: 31 mar. 2023.

tais como a Biologia e a Psicologia. Sabe-se que a aprendizagem é um processo que, obrigatoriamente, tem como centro o sistema nervoso e, mais especificamente, o cérebro (Riesgo, 2016). Chama atenção o fato de que os cursos de formação inicial de professores (licenciaturas) não tenham disciplinas específicas que relacionem neurociência e aprendizagem, na medida em que os professores são responsáveis pela condução do processo de aprendizagem dos estudantes.

Em pesquisa de Mestrado, realizada por Santos (2018, p. 71), um dos resultados aponta que:

Esse desconhecimento, provavelmente, é motivado pela falta de formação específica nos cursos de licenciatura sobre neurociência. Licenciandos também têm poucos conhecimentos sobre neurociência, embora haja aqueles que sejam interessados pelo tema.

A partir deste pequeno memorial descritivo, cheguei ao curso de Doutorado em Educação em Ciências e Matemática da PUCRS com o intuito de aprofundar meus estudos na temática da Neurociência aliada à Educação Matemática. Pelo exposto, embora se reconheça a importância da Neurociência para a Educação, visto que o processo de aprendizagem passa, necessariamente, pelo cérebro, ela ainda é pouco explorada nas licenciaturas e, conseqüentemente, seus principais fundamentos são pouco conhecidos pelos docentes da Educação Básica (Thomaz, 2018). Na próxima seção, trago elementos com a finalidade de introduzir a temática do presente estudo e justificar a sua realização.

Cabe salientar que, inicialmente, foram pensadas diferentes possibilidades para o desenvolvimento desta pesquisa. Ainda que nunca se tenha perdido de vista a associação entre Neurociências e Educação Matemática, as ideias primárias tiveram que ser remodeladas em função da pandemia da COVID-19 e das incertezas decorrentes dela, tais como: não se encontrar um local para aplicação da pesquisa; a baixa frequência ou a impossibilidade de encontrar estudantes presencialmente; e a divisão das turmas regulares, tendo em vista a necessidade de distanciamento social, fato que poderia impossibilitar o encontro dos mesmos participantes diversas vezes, o que seria uma prerrogativa para as aplicações que seriam necessárias.

A ideia inicial era escolher um conteúdo de matemática que compõe o currículo dos Anos Finais do Ensino Fundamental e, a partir do conteúdo escolhido, planejar aulas com diferentes recursos e estratégias para aplicar em uma turma. A partir do diário de

campo de observações das aulas, das produções dos alunos e da aplicação de instrumentos neuropsicológicos já consolidados, ou algum outro instrumento de autoria própria, previa-se avaliar parâmetros da Neurociência (atenção, motivação e memória) quando relacionados a diferentes recursos e estratégias de ensino e aprendizagem de Matemática com o objetivo de compreender de que modo diferentes recursos e estratégias favorecem a aprendizagem de matemática tendo por base a neurociência cognitiva.

Além dos obstáculos relacionados à pandemia, a necessidade de uma equipe mais ampla de trabalho dificultaria a operacionalização da ideia inicial, pois a aplicação de determinados instrumentos só pode ser realizada por psicopedagogos ou psicólogos (Dias *et al.*, 2021). Isso demandaria mais tempo para a realização da pesquisa e a disponibilidade de especialistas. Em virtude do exposto, fez-se necessário o desenho de uma pesquisa de cunho teórico, cujo detalhamento será feito no capítulo 5 – Procedimentos Metodológicos.

2 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Esta seção tem como objetivo fazer uma introdução sobre o tema desta tese (Neurociência Cognitiva). Apresentam-se os aspectos que justificam essa escolha, o problema de pesquisa e a organização do estudo.

Para Simões e Nogaro (2016, p. 31), “a neurociência cognitiva investiga as atividades mentais superiores, como a consciência, o planejamento, a linguagem, a memória, a imaginação e o processo de aprendizagem”. Os autores chamam a atenção que existem outras classificações das Neurociências, tais como a Neurociência Sistêmica e a Neurociência Molecular. Dar-se-á foco à Neurociência Cognitiva, na medida em que se pretende estudar atributos da Neurociência relacionados à aprendizagem, tais como a atenção, a memória, a motivação e a emoção.

Um ponto que justifica a escolha do tema Neurociências para a elaboração desta tese é a formação de professores, em que conhecimentos neurocientíficos estejam incluídos. Para Filipin *et al.* (2015, p. 88), “é indiscutível a importância da compreensão do funcionamento do cérebro e do sistema nervoso para a aquisição de novas estratégias com viés de facilitação da aprendizagem no campo da educação”. De acordo com Oliveira (2014), diferentes recursos e estratégias pedagógicas podem ser eficientes na reorganização do sistema nervoso, produzindo novos comportamentos e, portanto, novas aprendizagens. Para ele, “[...] um conhecimento que embase os processos educacionais de modo que se alcance a educação desejada para os dias atuais certamente tem a contribuição da neurociência” (Oliveira, 2014, p. 14). Para o autor, o professor que detém algum conhecimento sobre esse tema consegue planejar ações para a sala de aula de maneira mais assertiva e coerente.

Embora, à primeira vista, Neurociência e Educação sejam ciências independentes e autônomas, cada uma delas com seus métodos e abordagens de pesquisa, existe uma intersecção entre as áreas. Para Filipin *et al.* (2015, p. 88), “[...] a Neurociência faz uma interlocução com a educação, explicando os sistemas biológicos nos quais se baseiam o processo de ensino-aprendizagem”. Neurociência e Educação guardam uma íntima relação entre si. A Educação - aqui, a Educação Matemática em particular - pode fazer o uso das descobertas neurocientíficas para alavancar processos de ensino e de aprendizagem. De acordo com Oliveira (2014, p. 14), “a neurociência se constitui como a ciência do cérebro e a educação como a ciência do ensino e da aprendizagem e ambas

têm uma relação de proximidade porque o cérebro tem uma significância no processo de aprendizagem da pessoa”. É desejável, portanto, que os professores, que são os responsáveis pela chamada “ciência do ensino” e pela promoção de situações didáticas, tenham conhecimentos relacionados ao funcionamento cerebral para que, possivelmente, a aprendizagem de Matemática seja potencializada ao se considerar mecanismos neurocientíficos.

Santos *et al.* (2020, p. 30) explicam que “a preocupação com aspectos cerebrais do aluno pelos profissionais da área de ensino ainda é discreta” e que “são raros os estudos que mostram algum sucesso da aplicação do conhecimento neurocientífico diretamente na prática de ensino”. Assim, de acordo com o exposto, um primeiro aspecto que justificaria a realização de uma tese com o tema Neurociência é a **importância da compreensão do funcionamento cerebral pelos professores**, uma vez que, ao fazer o uso desse conhecimento, acredita-se que o processo de aprendizagem possa ser alavancado. Além disso, fica explícito que existe uma possível interação entre as áreas de Neurociência e Educação e da necessidade de se fazer o uso dos conhecimentos da primeira área associados à segunda. Encontrar um modo de promover essa associação é a finalidade desta tese, ainda que para Bruer (1997) tal associação seja uma **ponte longa demais**. De acordo com Simões e Nogaro (2016, p. 14):

A Neurociência e a Educação possuem forma de ação e finalidades distintas. A Neurociência preocupa-se com os princípios das estruturas e funcionamento neurais, enquanto que a Educação tem na sua natureza e finalidade criar condições que atendam os objetivos de aprendizagem, por isso, as descobertas da Neurociência, precisam ser “readaptadas” para que possam contribuir de modo efetivo com a educação”.

Um segundo ponto para a justificativa desta tese é o **ineditismo** e a **carência de estudos** que envolvam Neurociência e Educação Matemática no que tange aspectos didáticos e pedagógicos. Para Alvarenga (2019):

[...] o fato é que, hoje, professores e estudantes de ciências da educação não são preparados para se familiarizarem adequadamente com a contribuição da neurociência para o pensamento e a prática educacional. Por esta razão, eles não têm ideias sobre as teorias neurocientíficas e suas abordagens metodológicas (Alvarenga, 2019, p. 101).

O **ineditismo** é a qualidade do que nunca foi publicado, visto ou que apresenta algo novo. Em particular no caso de pesquisas em nível de doutorado, Lima, Ramos e Gessinger (2014, p. 127) explicam que:

Um dos propósitos fundamentais de programas de pós-graduação é realizar investigações com resultados significativos em torno do problema pesquisado. Ainda que a relevância não esteja na totalidade da pesquisa é importante que algum aspecto do estudo contribua para a ampliação do conjunto de conhecimento da área estudada.

A justificativa de realização desta tese também está embasada no reduzido número de produções *stricto sensu* (mestrado e doutorado) que relacionam, de alguma maneira, Neurociência e ensino/educação Matemática. Realizou-se um breve levantamento na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), considerando diferentes termos e filtros de busca.

A primeira busca foi a mais generalista, em que se considerou somente a palavra **neurociência** aparecendo em qualquer campo do documento. Em seguida, fez-se a mesma busca, considerando-se a palavra **neurociências** (no plural) com a intenção de verificar alguma diferença. Em ambos os casos, ocorreram dois mil trezentos e quarenta e quatro resultados. Percebe-se que, neste caso, a grafia da palavra não provocou diferenças na busca de produções.

Visto que as duas primeiras buscas retornaram um número muito elevado de produções, no terceiro teste utilizou-se a palavra **neurociências** para a busca, mas considerando somente os documentos que contivessem tal palavra no título. Houve um retorno de cento e catorze produções. Ainda considerando este número elevado, buscou-se pelas expressões **neurociência cognitiva** (sem aspas) e “**neurociência cognitiva**” (com aspas) no título, havendo retorno de, respectivamente, treze e onze produções nas buscas quatro e cinco. Destas onze produções, somente duas possuíam alguma associação com a matemática: a primeira trata sobre ensino híbrido e o modelo por rotações para o ensino de matemática e a segunda, embora trate do atributo da atenção seletiva, que será considerado nesta tese, versa sobre a aprendizagem de funções trigonométricas que não é o foco deste estudo.

A sexta investigação considerou a palavra **neurociências** em qualquer parte do documento e mais dois filtros: **tipo de documento (tese)** e **período (2012 a 2021)**. Optou-se por buscar somente teses, na medida em que se desejou encontrar estudos com temática semelhante neste nível. Além disso, acredita-se que um período de dez anos corresponda a um recorte temporal adequado para a busca. Na ocasião, foram encontrados quinhentos e trinta e quatro documentos.

Refinando a busca anterior, fez-se outra, a sétima, considerando os mesmos filtros (teses no período de 2012 a 2021), mas pesquisando a palavra **neurociências** somente no título. Foram encontradas trinta e sete produções. Dessas, somente oito tinham algum vínculo com ensino e aprendizagem, mas nenhuma associada à Matemática. Tais produções tratavam, em linhas gerais, de: ensino de Geografia; ensino e aprendizagem de Tecnologias Nucleares; Neurociência e aprendizagem de Língua Inglesa; funções executivas na Educação Infantil; interlocução entre Neurociências e Educação em estudos de Ciências; desenvolvimento da aprendizagem na primeira infância; popularização da Neurociência; e aspectos de aprendizagem em Ciência da Computação.

Por fim, na oitava busca, considerou-se a palavra **neurociências** no título e a palavra **matemática** em qualquer campo do documento. Optou-se por continuar pesquisando por teses no período de dez anos (2012 a 2021). Somente um trabalho foi encontrado, o qual versava sobre cadeias estocásticas, mas não estava relacionado ao ensino ou à aprendizagem de Matemática escolar. Tais resultados demonstram a lacuna de estudos que associam a Neurociência à Educação Matemática.

Na mesma perspectiva, Oliveira (2014), ao realizar um estudo sobre a necessidade da Neurociência fazer parte do repertório de conhecimentos necessários aos professores, constatou: 1) existe um interesse mútuo de aproximação das duas áreas: Neurociência e Educação; 2) **não existe, até o momento, uma proposta para se desenvolver tanto um método de ensino ou uma teoria educacional que tenha como base os estudos neurocientíficos**; 3) a congregação da Biologia, Educação, Neurociência e desenvolvimento humano seria um substrato excelente para a pesquisa educacional. Para ele:

Compreender que os conhecimentos da neurociência são importantes para a educação ainda é um paradigma novo. Muitos desses conhecimentos carecem de pesquisas educacionais que validem a sua importância, consistência e aplicabilidade em educação (Oliveira, 2014, p. 21).

Embora exista esse desejo de aproximação de ambas as áreas, como apontado anteriormente, Carvalho (2011, p. 544) explica que “a produção literária nacional com uma **visão unificada das relações entre as ciências da mente/cérebro e a educação** ainda é escassa”. Para o trabalho docente, parece ser necessário o conhecimento técnico da área específica e o conhecimento pedagógico do conteúdo, englobando pressupostos epistemológicos que embasam a prática, teorias de aprendizagem que dão suporte ao fazer

do professor, bem como recursos e estratégias de ensino que podem levar o docente a alcançar os objetivos de aprendizagem do aluno e isso, em teoria, é oferecido pelos cursos de Licenciatura em suas diferentes áreas.

Por outro lado, parece que as questões relacionadas ao funcionamento do cérebro e a aquisição da aprendizagem ficam em segundo plano na formação de professores. Por isso, Carvalho (2011, p. 546) defende a “[...] renovação de um componente curricular já existente ou o acréscimo de um novo componente curricular nos cursos de formação de professores” para que questões de conhecimentos neurocientíficos façam parte do arcabouço teórico dos futuros docentes. Nesse sentido, essa investigação pretende aproximar as duas áreas.

Nesta tese, está prevista a elaboração de indicadores qualitativos que sirvam para planejamento e posterior avaliação de aulas de Matemática da Educação Básica. Enfatiza-se que, em um primeiro momento, não se pretende fazer a aplicação e a avaliação em sala de aula usando tais indicadores. A proposta prevê o estudo teórico e, a partir dele, a proposição de indicadores. Aspectos teóricos da neurociência, tais como atenção, motivação, emoção e memória, servirão de base para perceber a presença de determinados aspectos nas propostas didáticas que, porventura, possam ser avaliadas a partir dos indicadores propostos.

Para Oliveira (2014, p. 22), “conhecendo o neurodesenvolvimento, o educador pode fazer maior uso das teorias e práticas educacionais, levando em conta a base biológica e os mecanismos neurofuncionais que lhe permitem otimizar as capacidades do aluno”. Aplicar o conhecimento produzido pela Neurociência para a elaboração de materiais e estratégias didáticas pode provocar uma mudança na maneira de avaliar os estudantes na visão do autor, na medida em que é possível analisar o percurso de aprendizagem do estudante e otimizar capacidades. Referindo-se, ainda, ao uso de diferentes recursos e estratégias de ensino, elaborados a partir de conhecimentos neurocientíficos, Carvalho (2011, p. 541) explica que “oferecer situações de aprendizagem fundamentadas em experiências ricas em estímulos e fomentar atividades intelectuais pode promover a ativação de novas sinapses”.

Santos *et al.* (2020, p. 370) explicam que “[...] recursos didáticos multissensoriais são importantes para aumentar o acesso a informações depositadas no cérebro e para ativar as múltiplas redes neurais que estabelecem associações entre si”. Para tanto, ao abordarem o conteúdo de genética, fizeram o uso de atividades de colagem, maquetes, imagens, mapas conceituais, jogos, vídeos e objetos de aprendizagem. Os pesquisadores

ênfatizam a necessidade de abordar o mesmo conteúdo várias vezes, sob diferentes perspectivas, isto é, com diferentes recursos e estratégias de ensino, tendo o cuidado para que os conhecimentos prévios dos estudantes sejam considerados.

Um terceiro ponto que justifica a Neurociência como tema da tese é a **curiosidade do pesquisador** por temas que se afastam da sua formação inicial (Licenciatura em Matemática), mas que, ao mesmo tempo, complementam os conhecimentos adquiridos no referido curso e ofereçam subsídios para uma prática de sala de aula cada vez mais consciente e qualificada. Durante o curso de graduação, as disciplinas pedagógicas, oferecidas pela faculdade de educação, despertavam-me muita atenção.

A Educação Matemática sempre me despertou mais interesse do que a Matemática Pura. Mais do que dominar fundamentos de Matemática, determinados algoritmos, técnicas de cálculo e demonstrações, interessam-me modos de transpor aos estudantes, de maneira didática, a matemática formal, pois, para mim esse é o principal papel de um professor de Matemática. Mais do que ter domínio do conteúdo, é necessário que fundamentos epistemológicos, teorias de aprendizagem, recursos didáticos e estratégias de ensino sejam conhecidos pelo docente para que o objetivo da aprendizagem seja alcançado.

Justificou-se a realização desta tese em função de diferentes aspectos, quais sejam: 1) importância do conhecimento do funcionamento cerebral por parte dos professores (Sousa; Alves, 2017); 2) a existência de uma possível interação entre as áreas de Educação Matemática e Neurociências (Oliveira, 2014); 3) a carência de estudos que considerem os conhecimentos neurocientíficos para a prática pedagógica (Alvarenga, 2019); 4) a necessidade de um instrumento que possa, de alguma maneira, apontar o uso de conhecimentos neurocientíficos nas práticas de sala de aula de Matemática. Este instrumento estará baseado nos indicadores que serão apresentados ao final deste estudo, cuja intenção é diminuir a distância entre Neurociência e Educação, apontada por Bruer (1997).

3 OBJETIVOS

Esta seção especifica os objetivos da presente investigação. A partir da introdução e da justificativa apresentadas, é possível estabelecer os objetivos geral e específicos, conforme seguem.

3.1 OBJETIVO GERAL

Construir indicadores qualitativos, baseados na Neurociência Cognitiva, para os docentes efetivarem o planejamento, o acompanhamento e a avaliação de aulas de Matemática da Educação Básica a partir de metanálise qualitativa.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Relacionar elementos da Neurociência e construções didático-pedagógicas que possam favorecer a aprendizagem de conceitos de Matemática;
- Identificar elementos de Neurociências capazes de contribuir com o ensino de Matemática;
- Avaliar como elementos da Neurociência são abordados em artigos que comunicam resultados de pesquisas efetuadas no âmbito do ensino de Matemática.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica desta tese. Neste capítulo, subsidia-se a teoria que será uma das bases para a elaboração dos referidos indicadores qualitativos.

4.1 FUNDAMENTOS DA NEUROCIÊNCIA

Muitas hipóteses a respeito do funcionamento do cérebro foram suscitadas desde as civilizações antigas. Egípcios, Astecas, Sírios e Chineses já tinham indícios da existência do crânio, uma vez que acreditavam na ideia de fazer buracos em tal estrutura para curar doenças que, supostamente, seriam causadas por espíritos. Para os egípcios (3000 a.C. – 2500 a.C.), a mente estaria localizada no cérebro, da mesma forma que para Hipócrates (460 a.C. – 370 a.C.), emoções, sentimentos e pensamentos estariam localizados no cérebro. Galeano (130 d.C. – 200 d.C.), a partir da dissecação de animais, tinha uma visão próxima à de Hipócrates, uma vez que, para ele, o lugar da mente seria o encéfalo. Em uma perspectiva antagônica, Aristóteles (384 a.C. – 322 a.C.) postulava que a mente estaria localizada no coração, e não no cérebro. Na época Medieval e Renascentista, predominava a Teoria Ventricular, que tinha como pressuposto que fluidos circulavam nestas cavidades cerebrais, servindo para a regulação do comportamento humano (Simões; Nogaro, 2016).

Simões e Nogaro (2016) fazem um breve histórico da Neurociência, desde as civilizações antigas até os dias atuais. A partir das informações expostas pelos autores, e fazendo algumas adaptações e inclusões de informações, foi possível elaborar o Quadro 1, cuja finalidade é apresentar um breve desenvolvimento da Neurociência ao longo do tempo.

Quadro 1 - Breve histórico da Neurociência.

Nome	Período	Ideia principal associada
Andreas Vesalius	1514-1564	O funcionamento era “hidráulico” da mesma forma que na Teoria Ventricular, entretanto, as pesquisas começavam a se tornar mais científicas.
Descartes	1596-1650	Para ele, corpo e alma seriam duas entidades distintas. As pesquisas até então baseavam-se em dissecações, o que permitia conhecer a anatomia cerebral, mas ainda não havia a

		associação da estrutura cerebral com a respectiva função.
Alessandro Volta e Luigi Galvani	1745-1827 e 1737-1798	Fizeram experimentos de estimulação cerebral utilizando eletricidade. Por volta de 1780, a Neurociência adquire o <i>status</i> de Ciência.
Franz Joseph Gall	1758-1828	Responsável por um ramo de estudo denominado Frenologia. Ela postulava que o sistema nervoso era composto por sub-órgãos e que cada um deles era responsável por alguma faculdade mental. Acreditava-se que o formato do crânio definia características e traços de caráter.
Julien Legatlois	1770-1840	Fez experimentos que o levaram a crer que as funções cognitivas estariam relacionadas ao córtex.
Pierre Flourens	1794-1867	Fez experimentos com coelhos e pombos, provocando lesões cerebrais para verificar consequências.
Gabriel Gustav Valentim	1810-1863	Responsável por descrever as primeiras células neurais por volta de 1836.
Robert Remak	1815-1865	Responsável pela descoberta de processos mielinizados e não mielinizados.
Pierre Paul Broca	1824-1880	Responsável por experimentos que associavam áreas cerebrais ao controle da expressão motora da fala. Esse conjunto de estruturas ficou conhecido como Área de Broca.
Otto Friedrich Karl Deiters	1834-1863	A partir de estratégias da coloração de neurônios, houve a descoberta de axônios e dendritos fundidos.
Joseph Von Gerloch	1820-1896	Verificou que impulsos nervosos se propagam por meio de filamentos.
Carl Wernicke	1848-1904	Responsável por descobrir área do lobo temporal relacionada à linguagem falada.
John Hulings Jackson	1834-1911	Pressupõe a ideia de que todas as áreas cerebrais estariam envolvidas em um trabalho conjunto. O funcionamento do cérebro não deriva de áreas isoladas e independentes.
Gustav Fritsh e Eduard Hitzig	1838-1927 e 1838-1907	Responsáveis por perceber ligação entre estrutura e função a partir de estimulação elétrica de cérebros de cães vivos.
David Ferrer	1843 - 1924	Mapeamento de vinte e nove áreas cerebrais relacionadas ao controle dos movimentos a partir de estimulação elétrica do córtex de macacos e cães.
Camillo Golgi	1843-1926	Responsável por técnicas específicas para colorir neurônios. Hipótese de que as células nervosas são unidades estruturais básicas do sistema nervoso. Nobel de Medicina em função do trabalho com neurônios.
Santiago Ramon y Cajal	1852-1934	Considerado o pai da Neurociência. Confirmou a hipótese de Golgi. Recuperação

		de células nervosas e transmissão de sinais pelos prolongamentos. Nobel de Medicina em função do trabalho com neurônios.
Fedor Krause	1857-1937	Pioneiro na estimulação elétrica cortical em humanos.
Korbinian Brodmann	1868-1918	Verificou a diferenciação de cinquenta e duas áreas com anatomia e funções distintas. Apenas em 1909 houve um mapa detalhado do cérebro humano.
Wilder Penfield	1891-1976	Responsável pela descoberta do papel do lobo temporal na memória, movimentos e sensações.
Edgar Douglas Adrian e Wode Marchall	1889-1977 e 1907-1972	Comprovaram que atividades elétricas no córtex podem ser provocadas por estímulos na superfície corporal.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024) a partir da leitura de Simões e Nogaro (2016).

No Quadro 1, procurou-se citar algumas ideias relacionadas à retrospectiva histórica da Neurociência. Apenas em 1990 foi instituída a década do cérebro. Em termos históricos, nota-se que a Neurociência é uma área relativamente nova, aspecto que também justifica o desenvolvimento de uma pesquisa relacionada à temática.

A seguir, apresenta-se o quadro resumo (Quadro 2) com as principais ideias dessa seção teórica. O objetivo é sintetizar as informações apresentadas e facilitar a compreensão do leitor:

Quadro 2 – Quadro síntese da seção 4.1 – Fundamentos da Neurociência.

QUADRO SÍNTESE DA SEÇÃO 4.1 → FUNDAMENTOS DA NEUROCIÊNCIA
HISTÓRICO
• Egípcios, Astecas e Sírios: realização de buracos no crânio para curar doenças que, supostamente, eram causadas por espíritos; • Galeano: para ele a mente estaria localizada no encéfalo; • Aristóteles tinha uma visão antagônica, pois para ele a mente estaria localizada no coração; • Andreas Vesalius (1514-1564): funcionamento hidráulico do cérebro, com circulação de fluídos; • Descartes (1596-1650): corpo e alma são entidades distintas. Dissecção de animais para conhecer a anatomia cerebral; • Alessandro Volta (1745-1827) e Luigi Galvani (1737-1798): experimentos de estimulação cerebral utilizando eletricidade; • Franz Joseph Gall (1758-1828): responsável pelo estudo da Frenologia (cada órgão era responsável por uma faculdade mental e o formato e tamanho do cérebro definia traços de caráter). Atualmente tais teorias já estão refutadas; • Julien Legatlois (1770-1840): funções cognitivas relacionadas ao córtex; • Pierre Flourens (1794-1867): lesões cerebrais em animais para analisar consequências; • Gabriel Gustav Valentim (1810-1863): descrição das primeiras células neurais;

- **Robert Remak** (1815-1865): descoberta de processos mielinizados;
- **Pierre Paul Broca** (1824-1880): área de Broca (Linguagem);
- **Otto Friedrich Karl Deiters** (1834-1863): descoberta de axônios e dendritos fundidos;
- **Joseph Von Gerloch** (1820-1896): propagação de impulsos nervosos por filamentos;
- **Carl Wernicke** (1848-1904): descoberta da área responsável pela linguagem falada (lobo temporal);
- **John Hulings Jackson** (1834-1911): hipótese de que as partes do cérebro fazem um trabalho conjunto, não de forma isolada;
- **Gustav Fritsh** (1838-1927) e **Eduard Hitzig** (1838-1907): percepção da associação entre estrutura e função das partes que compõem o cérebro;
- **David Ferrer** (1843 – 1924): mapeamento de áreas cerebrais relacionadas ao movimento;
- **Camillo Golgi** (1843-1926): hipótese de que o neurônio é a célula básica do sistema nervoso. Por isso, ganhou o Nobel de Medicina;
- **Santiago Ramon y Cajal** (1852-1934): confirmou a hipótese de Golgi. Ganhou o Nobel de Medicina;
- **Fedor Krause** (1857-1937): pioneiro na estimulação cortical de humanos;
- **Korbinian Brodmann** (1868-1918): descoberta de 52 áreas com funções distintas;
- **Wilder Penfield** (1891-1976): descoberta do papel do lobo temporal na memória, movimentos e sensações;
- **Edgar Douglas Adrian** (1889-1977) e **Wode Marchall** (1907-1972): atividades elétricas no córtex podem ser provocadas por estímulos na superfície corporal.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.1.1 Anatomia e fisiologia cerebral

Cada tecido ou órgão do corpo humano possui células com funções especializadas. No sangue, são os glóbulos sanguíneos que realizam as funções necessárias; nos rins, a função de desintoxicação é realizada por outras células que possuem essa especialização. Por sua vez, são os neurônios que têm a função de guardar e construir informações. Quando uma determinada informação chega pelos órgãos dos sentidos, são gerados impulsos, também conhecidos como **potenciais de ação**. Quando lemos um texto, por exemplo, são gerados impulsos que são conduzidos por fibras nervosas (axônios) até nossos neurônios. O transporte da informação de um neurônio a outro acontece por meio de uma **sinapse** (Spitzer, 2007).

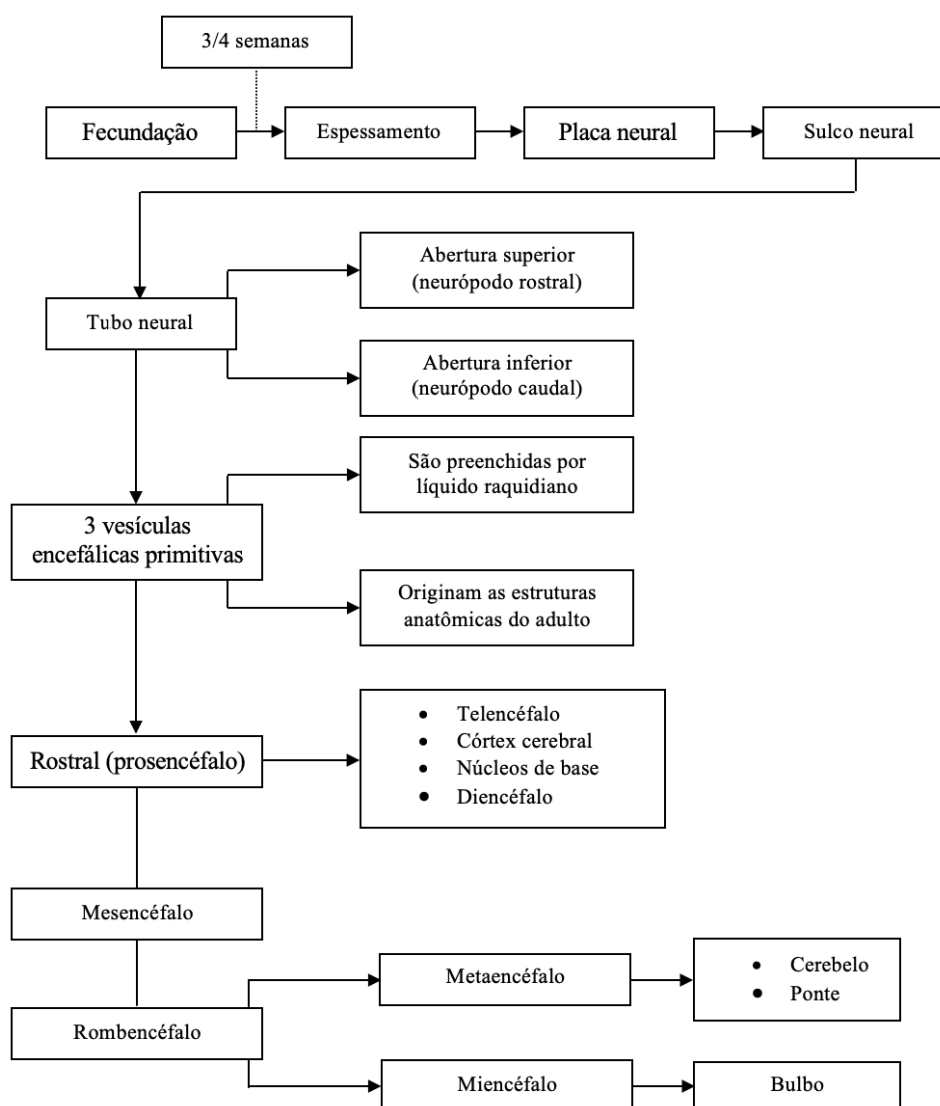
Para Izquierdo *et al.* (2013):

Denominam-se **sinapses** as junções entre neurônios, geralmente entre as terminações de seus prolongamentos. Chamam-se axônios os prolongamentos que se dirigem a outros neurônios e dendritos aqueles sobre os quais terminam os axônios. A maioria das sinapses funciona através da liberação de substâncias denominadas **neurotransmissores**, os quais se ligam a proteínas específicas denominadas de **receptores**, e sua ativação desencadeia sequências complexas de processos moleculares (Izquierdo *et al.*, 2013, p. 11-12, grifo próprio).

De acordo com Spitzer (2007, p. 60), “o cérebro é constituído, essencialmente, por células nervosas, os neurônios, bem como por fibras de conexão entre elas”. A formação do sistema nervoso humano ocorre, em sua maior parte, na fase embrionária e fetal. A partir de um pequeno tubo com milhares de células-tronco, ocorrem inúmeras divisões celulares para que a quantidade de neurônios se multiplique (Cosenza; Guerra, 2011). No nascimento, já possuímos praticamente todos os nossos neurônios.

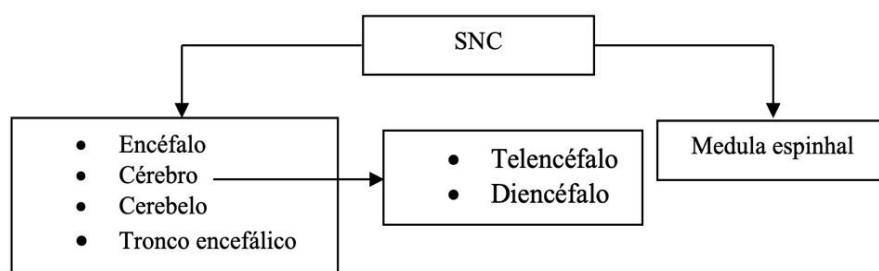
Pinheiro (2007) detalha como ocorre a formação do cérebro da criança desde a fase fetal. Os Esquemas 1 e 2 a seguir são elaborações do autor desta tese a partir da leitura realizada.

Esquema 1 – Desenvolvimento embrionário do cérebro.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024) a partir de Pinheiro (2007).

Esquema 2 – Componentes do Sistema Nervoso Central (SNC).



Fonte: Elaborado pelo autor (2024) a partir de Pinheiro (2007).

O aumento de tamanho do cérebro se deve ao fato da espessura dos neurônios aumentarem (Spitzer, 2007). Ao término dos ciclos de divisões celulares, ocorre o deslocamento dessas células até o local programado para cada uma delas no cérebro que está sendo formado. Depois, cada célula, já em seu lugar de destino, desenvolve prolongamentos e já podem se conectar. Essas ligações (sinapses) que ocorrerão para completar a formação dos sistemas nervosos são chamadas **sinaptogênese** (Cosenza; Guerra, 2011; Oliveira, 2014). As diversas conexões que ocorrem vão formando **redes neurais**. Diferentemente de um computador, uma rede neural não possui regras de ordenação ou instruções de cálculo (Spitzer, 2007).

Nem todos os neurônios originados das células-tronco serão utilizados para a formação do sistema nervoso. Alguns não chegarão aos lugares corretos do cérebro. Outros não se ligarão corretamente em outros neurônios. Por fim, algumas dessas células nervosas não se tornarão funcionais e, portanto, serão descartadas. Esse descarte é denominado **poda neural** (Cosenza; Guerra, 2011; Costa; Azambuja; Buchweitz, 2021).

Uma característica fundamental do cérebro que se relaciona diretamente à aprendizagem é a **plasticidade**. De acordo com Cosenza e Guerra (2011, p. 36):

O que entendemos por plasticidade é a sua capacidade de fazer e desfazer ligações entre os neurônios como consequência das interações constantes com o ambiente externo e interno do corpo.

Suzana Herculano-Houzel, reconhecida neurocientista brasileira, explica que a **plasticidade** é uma das mais maravilhosas características do sistema nervoso. De acordo com a autora, plasticidade configura-se como:

[...] a capacidade de fazer novas combinações entre seus elementos, e de mudar a eficiência das conexões – as sinapses – já existentes. Quando a eficiência aumenta, a conexão entre dois neurônios fica fortalecida; quando diminui, a

conexão fica “enfraquecida”. Além do mais, nenhuma conexão é fixa; uma conexão enfraquecida demais pode ser eliminada e uma nova pode ser feita em outro lugar, com outros neurônios. Fortalecer essas novas conexões, estabilizando-as, é uma maneira de criar novas associações. Os neurocientistas hoje estão convencidos de que é essa a base do aprendizado (Herculano-Houzel, 2002, p. 25).

Assim, é possível que ocorram novas conexões entre neurônios e até mesmo conexões entre redes neuronais que, em um primeiro momento, eram independentes, ocasionando aprendizagens cada vez mais aprimoradas. Considerando essa característica é que um ambiente escolar, enriquecido com diferentes recursos e estratégias de ensino, pode trazer benefícios para a sala de aula de Matemática e todos os seus participantes.

Do ponto de vista neurológico, a aprendizagem é evidenciada pela formação e consolidação das ligações entre as células nervosas. Para Alvarez e Lemos (2006), a aprendizagem não é influenciada somente pelo ambiente externo, como a sala de aula, mas é necessário considerar **aspectos cognitivos internos**, ou seja, a forma como o sujeito capta estímulos, processa e integra informações e elabora uma rede de representações mentais.

Ainda que a plasticidade cerebral seja essencial para a memória e para a aquisição de novas aprendizagens, Oliveria (2014) chama a atenção ao fato de que ela pode ter um efeito negativo. Ela pode reforçar determinados circuitos neuronais, como aqueles responsáveis pela epilepsia.

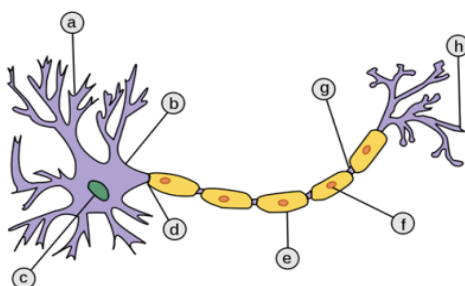
A partir da constatação de que o sistema nervoso é dotado dessa propriedade, pode-se supor que há importância da **repetição de tarefas** para consolidação de novas conexões e, conseqüentemente, para novas aprendizagens. Nota-se que, do ponto de vista da Neurociência, há necessidade tanto de recursos e estratégias de ensino diversificadas, quanto de momentos em que a repetição se faz necessária.

A principal célula do sistema nervoso é o **neurônio**, pois, de acordo com Spitzer (2007, p. 60), ele é a “unidade de processamento de informação. [...] a função de um neurônio consiste em receber um *input* e ficar, ou não, ativado”. Ele pode ser dividido em duas partes principais: **axônio** e **dendritos**. Os neurônios possuem diferentes formatos e tamanhos. É por meio de impulsos elétricos que as informações percorrem a célula nervosa. Uma informação passa de um neurônio a outro em um local chamado **sinapse** por meio da liberação de substâncias químicas chamadas de **neurotransmissores**. Muitos neurônios possuem o axônio envolvido por um conjunto de células chamadas de **bainha de mielina**. Essa substância permite que o impulso elétrico se desloque mais rápido no

interior do neurônio, dando condições para a ocorrência da aprendizagem (Spitzer, 2007; Cosenza; Guerra, 2011; Kandel *et al.*, 2014).

A Figura 1 a seguir mostra o neurônio e suas partes constituintes:

Figura 1 - Estrutura do neurônio.



Fonte: Moreira (2013, p. 1).

A figura anterior representa a estrutura de um neurônio. De acordo com Moreira (2013), as partes apontadas com as letras a-e na Figura 1 são assim denominadas: a) dendrito; b) soma; c) núcleo; d) axônio; e) bainha de mielina; f) célula de Schwann; g) nódulo de Ranvier; h) axônio terminal.

Embora a principal célula cerebral seja o neurônio, em virtude das funções que desempenha, apenas entre 2% e 10% do cérebro é formado por esse tipo de célula. Em maior quantidade, encontram-se as **células gliais**. Ainda que sejam denominadas de células auxiliares, elas são imprescindíveis, inclusive para a existência dos neurônios e suas sinapses. Dentre suas principais funções, pode-se citar: preenchimento de espaço, auxílio na formação de sinapses, isolamento elétrico, fornecimento de nutrientes para os neurônios (alimentação) e retirada de excesso de glutamato, evitando a “morte” do neurônio (Herculano-Houzel, 2002; Spitzer, 2007; Kandel *et al.*, 2014).

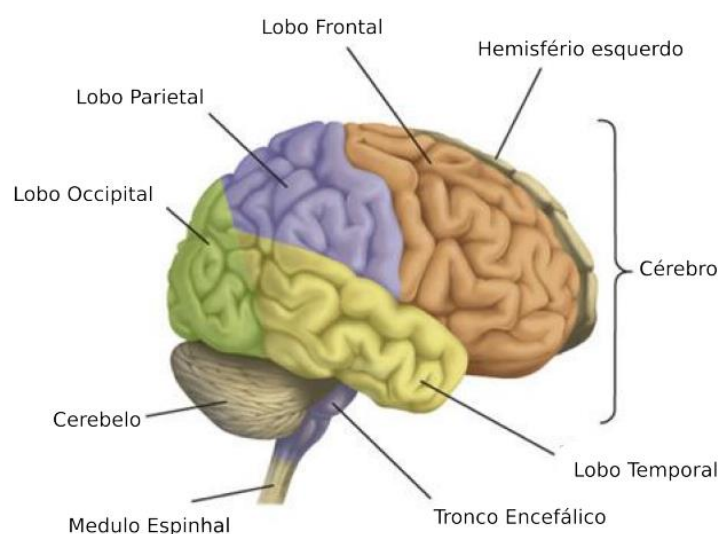
Segundo Menon (2010), durante a primeira infância, uma abundância de novas conexões sinápticas entre neurônios é gerada. Ocorre também a chamada poda sináptica (remoção de conexões desnecessárias entre neurônios), mielinização dos tratos da substância branca (o que aumenta a velocidade de comunicação entre os neurônios), maturação do córtex pré-frontal e o desenvolvimento de conexões com o córtex pré-frontal aumenta em crianças de 6 a 14 anos.

Anatomicamente, o córtex cerebral é a camada mais externa do cérebro e pode ser dividido em regiões distintas, denominadas **lobos**. Embora cada um dos lobos apresente funções específicas, para Alvarez e Lemos (2006) o cérebro pode ser visto, em alguma

medida, como um conjunto de especialistas cooperantes, referindo-se ao fato de que, mesmo havendo funções mais evidentes nos diferentes lobos, há um trabalho cooperativo entre as estruturas cerebrais. Em linhas gerais, as autoras elencam: lobo occipital responsável pela visão; lobo temporal relaciona-se à audição e linguagem; lobo parietal está envolvido no sentido do tato; e o lobo frontal associa-se a funções motoras, planejamento e execução de comportamentos complexos. Especialistas explicam que o córtex pré-frontal é que está intimamente relacionado ao raciocínio abstrato, elemento fundamental para a aprendizagem de Matemática (Rodrigues, 2022).

Duarte (2015) apresenta a divisão do córtex cerebral em quatro áreas: lobo frontal, lobo parietal, lobo occipital e lobo temporal, conforme mostrado na Figura 2. Alvarenga (2019) explica que o córtex é uma membrana fina composta por seis camadas que cobre todo o cérebro. Neste local, encontram-se cerca de noventa bilhões de neurônios.

Figura 2 – Estrutura do córtex cerebral.



Fonte: Alvarenga (2019).

Alvarenga (2019) apresentou uma pesquisa bibliográfica em que fez breve resumo, baseado em publicações internacionais no período de 2003 a 2018, das zonas cerebrais ativadas quando o indivíduo executa tarefas matemáticas. O Quadro 3 a seguir mostra tal compilação.

Quadro 3 – Resumo das zonas cerebrais ativadas em atividades matemáticas.

ATIVIDADE MATEMÁTICA	PARTE DO CÓRTEX ATIVADA
Processamento de números e cálculos aritméticos	Córtex parietal
Cálculos	Sulco intraparietal horizontal (HIPS)
Processamento verbal de números e recuperação de fatos	Giro angular
Controle de atenção e memória	Córtex frontal
Processamento matemático mais complexo, como a resolução de problemas	Córtex parietal
Adição	Lateralidade esquerda do córtex parietal
Multiplicação	Lateralidade direita do córtex parietal
Problema matemático relativamente avançado	Córtex pré-frontal lateral inferior (LIPFC)
Aumento da dificuldade da equação algébrica	Sulco intraparietal (IPS) e córtex pré-frontal
Resolução de problemas avançados como integrais	Rede cortical lateralizada à esquerda
Diferentes representações de funções	Pré-frontal dorsolateral anterior esquerdo do córtex
Deferentes representações de equações	Córtex parietal posterior
Diagramas e equações, representações para problemas de palavras/símbolos matemáticos	Giros frontais esquerdos e ativação bilateral do sulco intraparietal horizontal
Representação simbólica de funções	Lobo parietal posterior superior (PSPL) e o precuneus (pequena região do lobo parietal superior)
Processamento de termos algébricos e geométricos	Sulco intraparietal (IPS)
Tradução de formato gráfico e simbólico	Aciona as áreas sulco intraparietal (IPS) e PSPL. Maior envolvimento do IFG (giro frontal inferior) esquerdo e do AG (giro angular direito)
Geração de prova geométrica	Regiões hemisféricas direitas
Raciocínio matemático avançado na ausência da experiência visual	Córtex occipital

Fonte: Adaptado de Alvarenga (2019).

A seguir, apresenta-se o quadro resumo (Quadro 4) com as principais ideias dessa seção teórica. O objetivo é sintetizar as informações apresentadas e facilitar a compreensão do leitor:

Quadro 4 – Quadro síntese da seção 4.1.1 – Anatomia e fisiologia cerebral.

QUADRO SÍNTESE DA SEÇÃO 4.1.1 → ANATOMIA E FISIOLOGIA CEREBRAL	
DEFINIÇÕES	
• Neurônio: célula nervosa fundamental, formada por dendrito (parte inicial do neurônio) e axônio (parte final do neurônio, cauda). Unidade de processamento da informação; • Células gliais: são denominadas células auxiliares, embora sejam fundamentais para a existência dos neurônios. Entre as principais funções dessa célula estão: preenchimento de espaço, auxílio na formação de sinapses, isolamento elétrico, fornecimento de nutrientes para os neurônios e retirada de excesso de glutamato, evitando a “morte” do neurônio; • Sinapses: junções entre neurônios. A comunicação entre eles ocorre por meio da liberação de substâncias denominadas neurotransmissores e recepção de tais substâncias pelo neurônio a qual está ligado; • Sinaptogênese: ligações que ocorrem entre os neurônios após estes estarem em seus devidos lugares para a formação de diferentes redes neurais do indivíduo; • Poda neural: descarte de neurônios que, por algum motivo, não chegaram ao lugar correto do cérebro, não se ligaram corretamente a outros neurônios ou não se tornaram funcionais; • Plasticidade: capacidade cerebral de fazer e desfazer ligações, de mudar a configuração cerebral bem como a eficiência das conexões. Essa característica é a base do aprendizado; • Bainha de mielina: estrutura de células que envolve determinados neurônios com a função de aumentar a velocidade dos impulsos elétricos entre os neurônios; • Lobos cerebrais: Partes nas quais o cérebro é dividido. Dividem-se em: lobo occipital, lobo temporal, lobo parietal e frontal.	
ASPECTOS DA ANATOMIA E FISIOLOGIA CEREBRAL PARA A APRENDIZAGEM	
• É preciso considerar aspectos cognitivos internos do indivíduo no momento da aprendizagem, tais como eficiência das ligações entre neurônios e da captação de estímulos; • A repetição de tarefas é aspecto importante para fortalecer determinados caminhos neurais; • A utilização de diferentes recursos e estratégias de ensino pode provocar a emergência de novos caminhos neurais.	

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.1.2 Atenção

Um atributo relevante para a aprendizagem é a **atenção**. Embora nosso cérebro seja bastante especializado, ele é capaz de focar, de forma adequada, em apenas um fenômeno de cada vez. Lima (2005, p. 114) explica que “a atenção pode ser definida como a capacidade do indivíduo responder, predominantemente, aos estímulos que lhe são significativos em detrimento de outros”. Por meio dos órgãos dos sentidos, diferentes estímulos ambientais chegam ao indivíduo, tais como sons, objetos de diferentes cores, formas e tamanhos, cheiros, gostos, texturas, dentre outros. Ainda que o nosso organismo seja bastante especializado, somente é possível focarmos e sustentarmos nossa atenção em um estímulo de cada vez, ainda que existam diferentes tipos de atenção.

O fenômeno atencional possui, basicamente, três características: 1) é possível termos **controle voluntário** da atenção, ou seja, o ser humano consegue direcionar sua

atenção para o ponto desejado de forma voluntária; 2) a atenção possui **caráter seletivo** e de **focalização**, ou seja, o ser humano não possui habilidade para atender a diversos estímulos simultaneamente; 3) há uma **capacidade limitada** do processo atencional (Lima, 2005).

Para que o sujeito consiga “prestar atenção”, é necessário um nível adequado de **vigilância**. Para Inocente *et al.* (2009, p. 92):

O termo vigilância foi primeiramente definido para descrever a eficiência de todo o organismo ou de uma de suas partes. Quando a vigilância é alta, a cognição e o corpo estão prontos para reagir a qualquer acontecimento, externo ou interno. Esse termo também é aplicado à neurologia, ali significando a eficácia da resposta a um estímulo nervoso ou a um novo evento.

Estados de baixa vigília (por exemplo, ao acordar) ou de vigília elevada (por exemplo, em um momento de ansiedade) podem prejudicar a atenção (Cosenza; Guerra, 2011). Parece, portanto, existir um nível ideal de vigilância do ser humano.

Ramos *et al.* (2019) explicam que há quatro tipos de atenção, quais sejam: 1) **seletiva**; 2) **sustentada**; 3) **dividida**; e 4) **alternada**. A **atenção seletiva** é a que está relacionada à seleção de um foco entre diversos estímulos. A **atenção sustentada**, também chamada de vigilância, está associada à habilidade de manter a atenção por um período mais estendido em determinado ponto. A **atenção dividida** refere-se à capacidade de responder a mais de um estímulo dentro da mesma atividade. E, por fim, a **atenção alternada** é aquela que permite distribuir a atenção para que se consiga responder a mais de um estímulo em atividades distintas. No Esquema 3 a seguir, encontram-se os tipos de atenção e suas relações com os diferentes focos.

Esquema 3 - Tipos de atenção.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024) a partir de Ramos *et al.* (2019).

Cosenza e Guerra (2011) classificam a atenção em dois tipos distintos: 1) **atenção reflexiva** e 2) **atenção voluntária**. A primeira se refere a aspectos externos ao organismo, quando, por exemplo, assistimos a um pôr do sol ou vemos um *show* do nosso artista favorito. A segunda refere-se a aspectos internos do organismo, como, por exemplo, fome, sede ou um objetivo pessoal a ser alcançado.

Existem, basicamente, três circuitos no cérebro responsáveis pela atenção: 1) **circuito de alerta**; 2) **circuito orientador**; e 3) **circuito executivo**. O primeiro colabora para que o indivíduo inicie o processo de foco em determinada situação. Como o próprio nome sugere, o circuito orientador serve para orientar a direção da atenção, desconectando a atenção do cérebro em determinado fenômeno e conectando-a em outro aspecto do ambiente. Por sua vez, o circuito executivo faz com que o indivíduo mantenha atenção prolongada em determinado fenômeno, ao mesmo tempo que inibe outros estímulos (Cosenza; Guerra, 2011). Para realizar qualquer tarefa, seja escolar ou do cotidiano, é necessário ter atenção. Pela explicação dos autores, parece plausível supor que o fenômeno da atenção possui três fases: 1) **alerta**; 2) **orientação**; e 3) **execução**. Na primeira, inicia-se o estado de vigilância; na segunda, o indivíduo foca a atenção em um único aspecto do ambiente; e, na última fase, concentra-se para executar a ação, ou seja, dar uma resposta ao estímulo.

Para Ramos *et al.* (2019), o fenômeno da atenção é imprescindível para transformar estímulos do ambiente em conhecimento, sejam eles saberes experienciais ou acadêmicos. As autoras ainda afirmam que diferentes atividades como, por exemplo, tocar algum tipo de instrumento musical ou jogar, fazem com que as redes neurais responsáveis pelo controle executivo da atenção sejam fortalecidas e isso faz com que o indivíduo melhore em outras tarefas de maneira geral, inclusive nas escolares. Por isso, oferecer aos estudantes diferentes recursos pedagógicos, utilizando-os para diferentes estratégias, pode melhorar a atenção e, conseqüentemente, o aprendizado.

Em pesquisa conduzida por Ramos *et al.* (2019), fez-se um estudo relacionado ao atributo atenção com um grupo de professores do Ensino Fundamental. Para esses colaboradores, é possível verificar se o estudante está atento em sala de aula de acordo com alguns comportamentos, tais como: fazer perguntas, participar da aula, perceber o modo como realiza a atividade, a sua expressão corporal, interesse em realizar as tarefas propostas, motivação para o estudo e o sucesso em atividades metacognitivas (*feedback* do aluno). Os colaboradores acreditam que a atenção do aluno está relacionada tanto a características da aula como do próprio professor. Os estudantes parecem ficar mais

atentos se percebem que o professor preparou uma boa aula, se está atuando de forma motivada e se a aula tem diferentes momentos e a utilização de recursos diversos.

Nessa mesma pesquisa, os docentes apontaram comportamentos dos alunos que permitem identificar momento de desatenção em sala de aula: conversas entre colegas, brincadeiras no momento da explicação do conteúdo, uso de aparelhos tecnológicos e não responderem a questionamentos relativos ao assunto da aula. Por fim, quando questionados sobre estratégias para manter ou retomar a atenção do aluno, os professores enfatizaram: conversas individuais, estímulo à participação por meio de perguntas, alguma brincadeira, uso de recursos visuais ou lúdicos, uso de jogos digitais e mudança de atividade ou de método de ensino (Ramos *et al.*, 2019).

Farsani, Breda e Sebastiá (2020) realizaram uma investigação com 33 alunas em uma escola chilena com intuito de investigar a **atenção visual** das estudantes em relação ao professor, apontando fatores que a influenciaram. A partir de imagens capturadas por câmeras acopladas aos óculos das estudantes, chegou-se nos seguintes resultados: 1) **A atenção visual dos participantes estava potencializada nos primeiros 10 minutos de aula** e no intervalo entre 30 e 40 minutos finais (em um período de 45 minutos); 2) **os gestos do professor influenciaram significativamente a atenção visual** das estudantes. Gestos do tipo **icônicos** (os gestos representam o conteúdo semântico da fala), **metafóricos** (idênticos aos gestos icônicos, mas com uma ideia abstrata ao invés de objeto ou evento concreto) e de **ritmo** (gestos se coordenam com o discurso e caracterizam-se como movimentos curtos e rápidos); 3) quando o professor aponta aquilo que explica, a atenção visual é potencializada; 4) alunas que possuem rendimento mais alto prestam mais atenção na primeira metade da aula, depois o nível de atenção se iguala entre as estudantes, independente do rendimento que apresentam; 5) alunas mais introvertidas tiveram mais atenção visual do que as extrovertidas nos primeiros 10 minutos de exposição. Os resultados da pesquisa empreendida pelos autores oferecem subsídios à prática docente, evidenciando que o professor pode focar explicações nos primeiros dez minutos, fazendo uso de gestos dos tipos apontados pelos pesquisadores.

A seguir, apresenta-se o quadro resumo (Quadro 5) com as principais ideias dessa seção teórica, com o objetivo de sintetizar as informações apresentadas e facilitar a compreensão do leitor:

Quadro 5 – Quadro síntese da seção 4.1.2 – Atenção.

QUADRO SÍNTESE DA SEÇÃO 4.1.2 → ATENÇÃO	
DEFINIÇÃO	
Capacidade de responder a estímulos predominantes e significativos do ambiente.	
CARACTERÍSTICAS	
Controle voluntário: pode-se direcionar a atenção conforme desejado; Caráter seletivo: pode-se focalizar a atenção em um aspecto em detrimento de outros; Capacidade limitada: pode-se fixar a atenção em um número limitado de elementos.	
CLASSIFICAÇÃO 1	
Seletiva: seleção de um foco dentre diversos estímulos; Sustentada: habilidade de manter atenção a um estímulo por um período prolongado; Dividida: responder a mais de um estímulo dentro da mesma tarefa; Alternada: responder a mais de um estímulo em tarefas distintas.	
CLASSIFICAÇÃO 2	
Reflexiva: refere-se a aspectos externos do organismo; Voluntária: refere-se a aspectos internos do organismo.	
CIRCUITOS CEREBRAIS ENVOLVIDOS	
Alerta: início do processo de foco em um fenômeno; Orientador: orientação da direção da atenção; Executivo: manutenção da atenção prolongada para execução de tarefas.	
COMPORTAMENTOS POSITIVOS QUE DENOTAM ATENÇÃO EM AULA	
- Fazer perguntas; - Participar da aula; - Realizar atividades com empenho; - Expressão corporal positiva; - Demonstrar motivação nas atividades propostas; <i>Feedback</i> do aluno.	
COMPORTAMENTOS NEGATIVOS QUE DENOTAM DESATENÇÃO EM AULA	
- Conversas paralelas; - Brincadeiras; - Uso de aparelhos eletrônicos sem utilidade pedagógica; - Não conseguir responder perguntas relacionadas ao assunto tratado.	
AÇÕES DOCENTES PARA RETOMAR A ATENÇÃO	
- Conversa individual; - Estímulo à participação por meio de perguntas; - Uso de recursos visuais ou lúdicos (brincadeiras ou jogos digitais); - Mudança de atividade ou método de ensino.	
CARACTERÍSTICAS DA ATENÇÃO RELACIONADAS À APRENDIZAGEM	
- É atributo indispensável à aprendizagem; - É possível, para o ser humano, focar somente em um fenômeno de cada vez; - É preciso estar em estado de vigilância adequado para conseguir aprender; - Diversificar atividades pode fortalecer as redes neurais responsáveis pela atenção; - A atenção parece estar potencializada nos primeiros dez minutos de uma explicação;	

- A atenção pode estar relacionada com características do aluno;
- A atenção pode estar relacionada com características do professor: preparação prévia da aula; estar motivado para a atuação docente; planejar uma aula dividida em momentos bem como usar diferentes recursos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

4.1.3 Memória

Nesta seção, exploraremos as definições e classificações da memória. Carvalho (2011) explica que a neurociência cognitiva tem como substrato principal de estudo as capacidades mentais mais complexas, dentre os quais a **memória é indicada como um dos principais alicerces à aprendizagem**. É por meio dela que somos capazes de realizar tarefas cotidianas ou relembrar coisas que aconteceram conosco há muito tempo. Entende-se, portanto, que a memória é um atributo indispensável para o aprendizado, mas que o fato de armazenarmos a informação não garante o aprendizado e que esse somente se dá por meio do processamento e refinamento da informação armazenada.

Por outro lado, Alvarez e Lemos (2006, p. 181) defendem que aprender significa “agregar informações à nossa memória”. Portanto, nota-se que, dependendo do autor, o conceito de aprendizagem pode ser mais amplo quando se considera o atributo da memória.

Para Alvarez e Lemos (2006), o conceito de aprendizagem parece menos complexo e mais restrito, uma vez que bastaria armazenar as informações advindas do meio na memória, sem modificações. Por outro lado, para Carvalho (2011), o simples fato de armazenar informações, sem qualquer ressignificação para o sujeito, não é aprendizagem, sendo, para esta autora, um conceito mais complexo, necessitando de intervenção do sujeito para que a informação armazenada se configure em aprendizagem.

A literatura aponta alguns **tipos de memória**. A classificação da retentiva considera diferentes critérios como, por exemplo, o tempo de duração, a natureza das distintas memórias, as funcionalidades, dentre outros.

Entretanto, cabe salientar três pontos ao apresentar esse tema: 1) Não há um consenso de definições e uma classificação absoluta, mesmo entre autores que são referência na área; 2) Independente da classificação apresentada, sabe-se que a divisão ocorre apenas com finalidade didática. Os processos biológicos que envolvem a memória não necessariamente ocorrem de maneira linear e independente; 3) A memória não atua

sozinha. Para que ela ocorra, outras funções psicológicas são demandadas, como a atenção e a motivação, por exemplo (Mourão Junior; Faria, 2015).

Para Gazzaniga e Heatherton (2005, p. 216), **memória** é “a capacidade do sistema nervoso de adquirir e reter habilidades e conhecimentos utilizáveis, permitindo que os organismos se beneficiem da experiência”. Assim, se não fossem as capacidades da memória de adquirir e reter informações, os sujeitos precisariam reaprender, diariamente, tarefas como escovar os dentes, amarrar os tênis e cozinhar. Como consequência, eles não se beneficiariam de novas experiências para conectar aquilo que já sabem, com novas informações, na medida em que haveria necessidade constante de reaprender ações e fatos já vivenciados.

Para Mourão Junior e Faria (2015, p. 780), **memória** é “a capacidade que os seres vivos têm de adquirir, armazenar e evocar informações”. Aqui, a palavra informação tem um sentido amplo, podendo ser uma frase, um som, determinado conteúdo de Matemática, a maneira de preparar um bolo, recordações de uma formatura, dentre outros. Pode-se dizer que esse processo ocorre em **três etapas**: 1) **aquisição**; 2) **consolidação**; e 3) **evocação**.

A **aquisição** refere-se à primeira etapa, quando as informações chegam ao cérebro por meio dos órgãos dos sentidos. Durante a segunda etapa, a **consolidação**, ocorre o armazenamento da informação, seja por um período curto ou longo. Por fim, a **evocação**, o momento em que ocorre o retorno espontâneo ou voluntário dessas informações, ou seja, é quando relembramos informações armazenadas na memória. No Esquema 4 a seguir, encontram-se os tipos de memória e suas etapas.

A **consolidação** possui algumas características em particular. Nessa etapa do processo, há o que se denomina **labilidade da informação**, ou seja, há uma instabilidade, pois pode ser apenas uma informação transitória, correndo o risco de ser perdida, na medida em que leva de três a oito horas para a informação ser, de fato, armazenada na memória. Portanto, dependendo das condições, essas informações podem ser esquecidas.

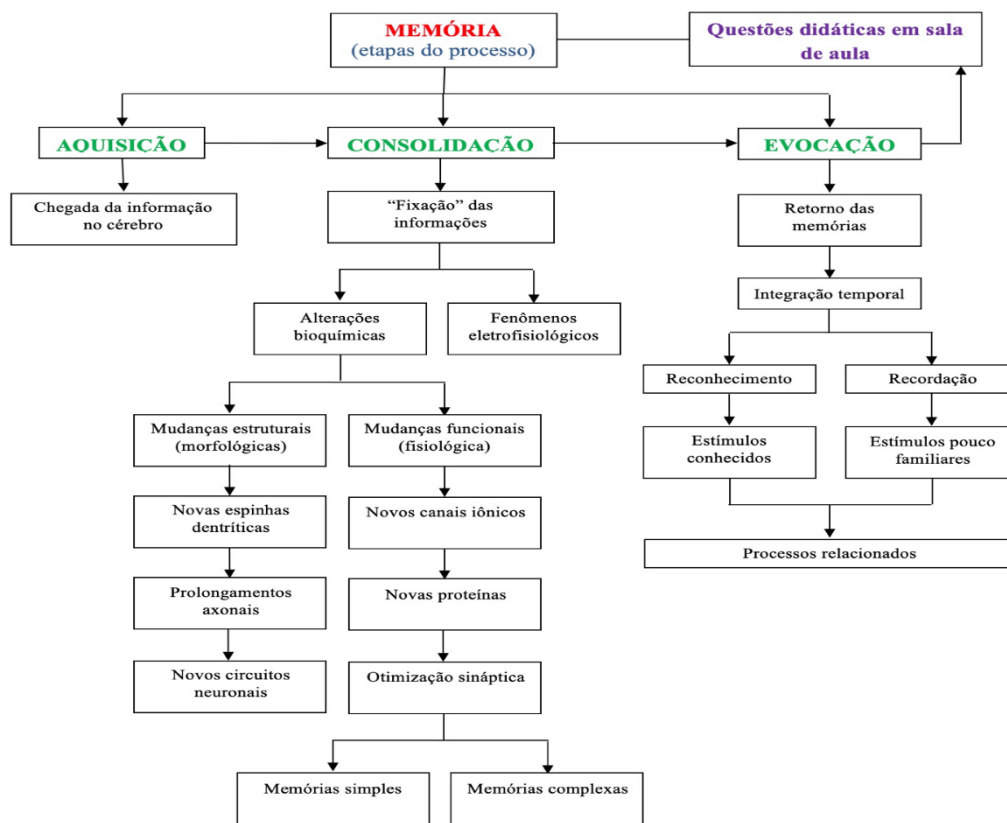
Além disso, a consolidação de memórias possui **caráter não estável**. Independente da nossa vontade, algumas informações adquiridas por meio dos órgãos do sentido são perdidas durante o processo de consolidação e, mesmo memórias já consolidadas, se perdem ao longo do tempo. Aquilo que evocamos da memória é um processo mais criativo de edição de fatos do que um processo reprodutivo (Mourão Junior; Faria, 2015).

A **consolidação** de memórias ocorre no **hipocampo** que está localizado no **lobo temporal**. Muito dessa etapa ocorre em determinadas **fases do sono** e há necessidade de condições bioquímicas favoráveis para tal como, por exemplo, a necessidade da dosagem adequada de neurotransmissores para o correto funcionamento dos circuitos neurais envolvidos (Mourão Junior; Faria, 2015). Assim, podem-se inferir algumas causas da não memorização e, por consequência, a não aprendizagem de estudantes: quantidade e qualidade inadequadas de sono e alimentação ineficiente, por exemplo, acarretando más condições de saúde que interferem no funcionamento normal do corpo, dentre outras causas.

O processo de **consolidação** de memórias ocorre por meio de **fenômenos eletrofisiológicos**, ou seja, são conjuntos de impulsos elétricos e reações químicas que provocam **alterações bioquímicas** nas células nervosas. Essas alterações podem ser de dois tipos: 1) **mudanças estruturais** (morfológicas); ou 2) **mudanças funcionais**. As **mudanças estruturais**, como o próprio nome sugere, provocam mudanças na estrutura do neurônio, por meio de novas espinhas dendríticas, prolongamentos axonais e a efetivação de novos circuitos neuronais. As **mudanças funcionais** estão associadas à emergência de novos canais iônicos e proteínas, resultando em otimização sináptica.

Qualquer um dos tipos de mudança ocorre por meio de síntese de proteínas. Esse processo de conexões sinápticas pode ser da ordem de milhões ou bilhões, dependendo da complexidade da informação que se quer memorizar (memórias simples ou complexas) (Mourão Junior; Faria, 2015).

Esquema 4 – Etapas do processo da memória.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024) a partir de Mourão Junior e Faria (2015).

A etapa da **evocação**, que compreende o momento em que desejamos relembrar as informações armazenadas, pode ser de dois tipos: 1) **reconhecimento**; ou 2) **recordação**. O **reconhecimento** refere-se aos estímulos já conhecidos como, por exemplo, quando encontramos algum amigo andando na rua e, prontamente, o reconhecemos. Já a **recordação** está associada a estímulos pouco familiares. Embora haja essa distinção, cabe salientar que esses processos ocorrem juntos. Por exemplo: ao encontrarmos um ex-colega de trabalho na rua, prontamente lembramos dele (reconhecimento). Depois, aos poucos, vamos relembrando em que escola trabalhamos juntos e alguns eventos que ocorreram conosco na época em que convivíamos no mesmo ambiente de trabalho (recordação).

Uma característica fundamental da evocação de memórias é a **integração temporal**. Ao rememorarmos os fatos, é preciso haver uma coerência cronológica daquilo que o indivíduo vai recordando para que as lembranças façam sentido. A evocação de memórias está associada, principalmente, ao córtex pré-frontal.

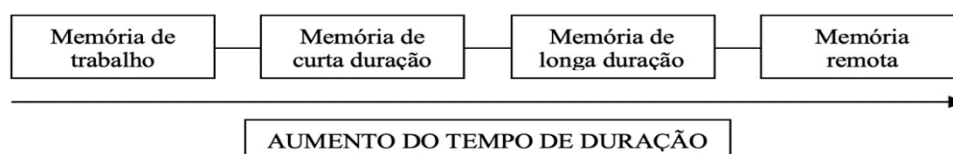
De forma análoga às etapas de processamento de memória expostas por Mourão Junior e Faria (2015), Gazzaniga e Heatherton (2005) também expõem três etapas organizadas temporalmente para tal processamento: 1) **codificação**: contato inicial com a situação ou objeto a ser “memorizado” por meio da formação de um modelo mental da situação; 2) **armazenamento**: etapa em que a informação codificada na etapa anterior é incorporada à rede neural do indivíduo. É nessa etapa que ocorrem as mudanças anatômicas e funcionais dos neurônios; 3) **recuperação**: refere-se à etapa em que o indivíduo recupera as informações consolidadas na etapa anterior. A recuperação envolve os sistemas de memória explícita e implícita, uma vez que há situações que nos exigem esforço cognitivo para relembrar, enquanto outras, lembramos inconscientemente.

Ao contrário do que muitos pensam, não somente a consolidação e evocação de diferentes memórias são importantes, mas a sua **extinção** também. Uma memória que não possui reforço, seja um estímulo incondicionado, um castigo ou uma recompensa, acaba por ser esquecida, no sentido de que a probabilidade de sua evocação é bastante reduzida, mas não que haja uma exclusão da memória no cérebro. A extinção de memórias é importante, por exemplo, no tratamento de fobias e transtornos do estresse pós-traumático. Há uma repetição do estímulo que causou o trauma (usando diferentes recursos), mas sem o reforço e sem a “ação” traumática (Izquierdo *et al.*, 2013). Pela explicação dos autores, parece plausível supor que há uma sobreposição de memórias, de maneira a fazer com que o indivíduo evoque a mesma situação sem o trauma.

Um dos critérios que pode ser utilizado para classificar a memória diz respeito à duração. Com relação à duração Izquierdo *et al.* (2013) expõem que as memórias podem ser classificadas em: 1) **Memória de Trabalho**: tem duração de poucos segundos, existindo apenas enquanto é utilizada; 2) **Memória de Curta Duração**: tem duração de 4 a 5 horas; 3) **Memória de Longa Duração**: perdura por horas, muitos dias ou meses; 4) **Memória Remota**: tem duração de anos.

O Esquema 5 a seguir mostra os tipos de memória em ordem crescente de duração:

Esquema 5 – Tipos de memória em relação à duração.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024) a partir de Izquierdo *et al.* (2013).

Mourão Junior e Faria (2015) apresentam três classificações distintas para as memórias sem a intenção de defini-las de uma forma rígida, mas de sanar confusões conceituais da literatura e elencar características observáveis em cada uma delas. Os tipos elencados pelos autores são: 1) **Memória Sensorial**; 2) **Memória de Trabalho**; e 3) **Memória de Longa Duração**.

A **Memória Sensorial** está associada àquelas informações com as quais temos um contato inicial por meio dos órgãos dos sentidos e tem como função principal o registro de estímulos. Com relação ao tempo de armazenamento, trata-se de uma memória **ultrarrápida**, perdendo-se em menos de 30 segundos. Possui **capacidade de armazenamento elevada** se comparada com outros tipos de memória (Memória de Trabalho, por exemplo). Tem um **caráter pré-consciente**, na medida em que não tomamos consciência da maioria das informações registradas pela Memória Sensorial. É um fenômeno de natureza elétrica, ocorrendo somente enquanto os neurônios estão excitados, não havendo alterações morfológicas e funcionais nas células. A Memória Sensorial pode ser dividida em: 1) **Memória Sensorial Visual** (denominada memória icônica) e 2) **Memória Sensorial Auditiva** (denominada memória ecóica) (Mourão Junior; Faria, 2015).

Alguns estudiosos questionam se a Memória Sensorial pode ser considerada um tipo de retentiva ou trata-se apenas de um efeito da nossa percepção. Sabe-se que é em função dela que percebemos o mundo como uma sucessão de eventos contínuos e sequenciais, e não sensações separadas (Gazzaniga; Heatherton, 2005).

A **Memória de Trabalho**, como o próprio nome sugere, está relacionada àquelas informações que são demandadas enquanto precisamos delas (Izquierdo *et al.*, 2013). Com relação ao tempo de armazenamento, da mesma forma que a Memória Sensorial, a Memória de Trabalho é considerada **ultrarrápida**. Esta possui **capacidade limitada**, com armazenamento entre cinco e nove itens, a qual é denominada de **alcance de memória**. Esse atributo pode variar quantitativamente de pessoa para pessoa e, em alguns testes de inteligência, essa é uma medida utilizada (Gazzaniga; Heatherton, 2005). Tem papel fundamental na **organização das informações cerebrais** e na **evocação de memórias de longa duração**, comparando novas informações com as já armazenadas anteriormente. Localiza-se, majoritariamente, em regiões do **córtex pré-frontal**, e a dopamina é um neurotransmissor essencial à sua efetivação (Mourão Junior; Faria, 2015).

Gazzaniga e Heatherton (2005) explicam que é possível armazenar mais itens do que a quantidade indicada pelo alcance de memória, considerando dois aspectos: a **forma**

de agrupamento das informações e o **sentido que elas possuem**. Assim, ao entrar em contato com uma sequência superior a nove itens, capacidade máxima da memória de trabalho, mas que se deseja armazenar temporariamente, é possível organizar tais informações em conjuntos menores, de maneira que cada um deles possua algum significado para o sujeito. Essa técnica, formada por esses dois componentes, é denominada **agrupamento** (Gazzaniga; Heatherton, 2005). Nota-se que essas características podem ser consideradas na organização didática dos conteúdos para a sala de aula. **Dividir um conteúdo em partes menores e atribuir um sentido** plausível, consonante aos estudantes, podem configurar como estratégias benéficas para a memorização e aprendizagem.

Segundo Alvarez e Lemos (2006), o uso da Memória de Trabalho na criança começa por volta dos dez meses de idade. A partir desse momento, ao ter o contato visual com um objeto interrompido, a criança começa a procurá-lo, dando indícios de que houve processamento de informações na Memória de Trabalho. Entretanto, considera-se que, apenas a partir dos dezoito meses, a consolidação de informações é mais estável.

Izquierdo *et al.* (2013) explicam que é possível comparar a **Memória de Trabalho** do ser humano à memória RAM de um computador, pois a memória se mantém somente durante alguns segundos ou minutos, ou seja, enquanto ela está sendo processada. Da mesma forma que sugerido por Mourão Junior e Faria (2015), tanto a consolidação quanto a evocação desse tipo de memória ocorrem no córtex pré-frontal com a participação do hipocampo e da amígdala. Pessoas que apresentam falhas na Memória de Trabalho podem apresentar **esquizofrenia** na medida em que há distorção da realidade presente, ocorrida há poucos minutos, por exemplo, e o indivíduo tem alucinações.

A **Memória de Trabalho** não é um sistema de armazenamento, mas uma unidade processadora ativa que é capaz de operacionalizar diferentes tipos de informação, tais como sons, imagens e ideias. O primeiro componente, chamado **executivo central**, é responsável por fazer a intermediação entre diferentes tipos de retentiva e a Memória de Longo Prazo, codificar as informações do sistema sensorial, filtrar informações a serem armazenadas na Memória de Longo Prazo e recuperar informações da lembrança. Essa componente, em linhas gerais, tem a função de **gerenciar a Memória de Trabalho**.

A segunda componente, chamada **visuo-espacial**, tem a função de processamento de informações visuais, depreendendo características e localização de objetos. O componente denominado **alça fonológica** processa informações auditivas e está em uso

sempre que se executa a leitura, a fala e a repetição de palavras, por exemplo (Gazzaniga; Heatherton, 2005).

Por fim, Mourão Junior e Faria (2015) trazem a **Memória de Longa Duração**, também denominada de **memória remota**. Ela é a responsável pelo armazenamento da informação por longos períodos. Entretanto, para que uma memória se consolide de forma duradoura, faz-se necessário o **reforço constante** das informações que se deseja armazenar. Para Gazzaniga e Heatherton (2005), a Memória de Longa Duração é consolidada em estruturas que, anatomicamente, estão localizadas nos lobos temporais mediais. Izquierdo *et al.* (2013) explicam que as **memórias são associativas**, ou seja, precisam de diferentes grupos de estímulos para que possam se concretizar. Pode-se dizer que **um grupo de estímulos se refere aos recursos** utilizados para provocar o estímulo desejado (um vídeo, um texto, dentre outros) e o outro grupo se refere aos **estímulos condicionados** ou **reforços**.

Gazzaniga e Heatherton (2005) explicam que a aquisição de **memórias de longa duração** necessita de **repetição** para que se consolidem. Segundo os autores, a repetição do mesmo material, técnica denominada de **superaprendizagem** e a divisão de conteúdos em partes menores para serem trabalhadas ao longo do tempo, técnica chamada de **prática distribuída**, podem promover aumento da Memória de Trabalho. Eles ainda explicam que os indivíduos guardam somente **informações úteis**, o que foi denominado pelos teóricos de **informações significativas**.

A consolidação de novas memórias de longo prazo faz com que o sujeito adquira um conjunto de experiências anteriores, as quais formarão um arcabouço que servirá de subsídio para a aquisição de novas reminiscências. Assim, pode-se inferir que, em algumas ocasiões, repetir o material de trabalho algumas vezes, dividir o conteúdo a ser trabalhado em unidades menores e encontrar temáticas significativas para compor o trabalho pedagógico podem ser algumas das estratégias utilizadas para potencializar a memória de longo prazo. A importância de experiências anteriores e conhecimentos prévios para a aprendizagem será aprofundada em seção posterior.

As memórias de curto e longo prazos diferenciam-se, portanto, em dois aspectos distintos: **duração e capacidade**. A memória de curto prazo tem duração ultrarrápida e capacidade limitada, enquanto a retentiva de longo prazo tem duração muito maior e capacidade quase que ilimitada. Independentemente do tipo de memória utilizada, a lembrança de informações – uma lista de palavras, por exemplo – sofre influência do **efeito da posição serial**, que, por sua vez, envolve dois efeitos distintos: **efeito de**

primazia e efeito de recentidade. Tende-se a lembrar com mais facilidade das palavras que estão no início da lista (efeito primazia) e no final (efeito recentidade) (Gazzaniga; Heatherton, 2005). Assim, o efeito da posição serial é outro aspecto que deve ser considerado ao se desenvolverem atividades didáticas para aplicação em sala de aula.

A memória de longa duração pode ser classificada em: 1) **memória declarativa** ou **memória explícita**: guarda informações prontamente acessíveis à consciência e que podem ser evocadas por palavras; 2) **memória não declarativa** ou **memória implícita**: são informações que estão em um nível subconsciente, sendo evocada por ações. Ainda há uma subdivisão da memória declarativa em: a) **memória episódica**: como o próprio nome sugere, guarda informações referentes aos episódios ocorridos em determinado momento no tempo, por isso possui como características ser uma memória temporal e que se relaciona a nossa autobiografia; b) **memória semântica**: diferentemente da memória episódica, ela guarda fatos como, por exemplo, os conceitos matemáticos, e não está relacionada ao tempo, sendo, portanto, atemporal.

De acordo com Gazzaniga e Heatherton (2005), as **memórias semânticas e episódicas são independentes**, no sentido de que uma pode ser preservada na ausência de outras. Os mesmos autores, em experiências com crianças britânicas que apresentavam lesões cerebrais, verificaram que elas sabiam dizer quem era Martin Luther King, evidenciando memória semântica, mas não lembravam quando ou como aprenderam a informação, evidenciando ausência de memória episódica.

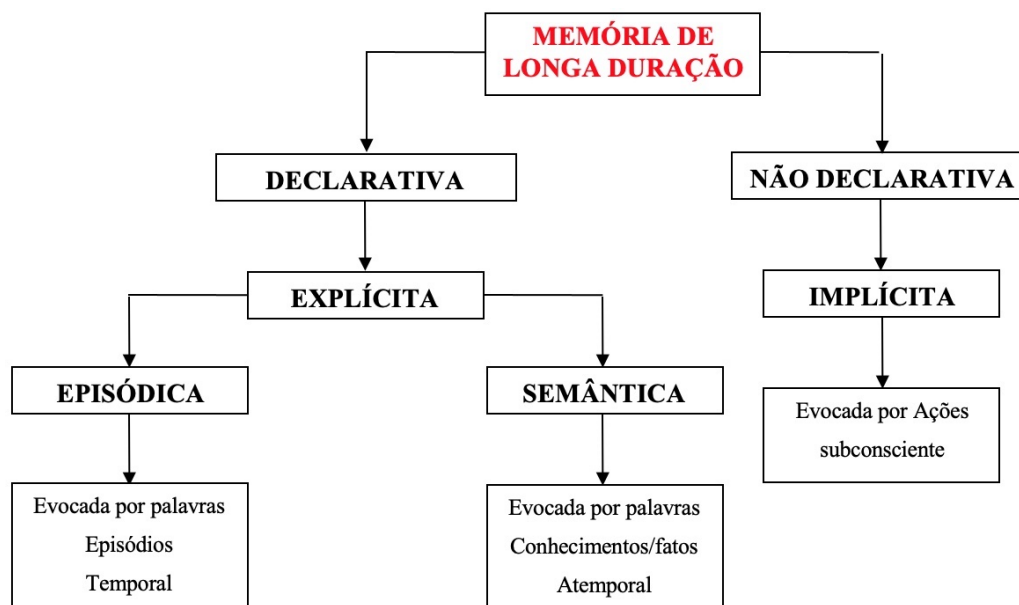
Para Izquierdo *et al.* (2013), o hipocampo é a principal estrutura responsável pela consolidação de memórias declarativas. Cabe lembrar que esta estrutura também recebe terminações nervosas relacionadas **às emoções** e ao **afeto** por diversas vias, tais como a dopaminérgica, a noradrenérgica e colinérgicas. Esse pode ser um dos motivos pelo qual a consolidação de memórias e a aprendizagem estejam intimamente relacionadas à emoção, conforme será detalhado no decorrer do texto em seção específica sobre emoções.

Izquierdo *et al.* (2013) explicam que uma das principais proteínas reguladoras das sinapses é o fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF). De acordo com Pacheco (2009), o BDNF desempenha diferentes funções relacionadas ao aprendizado, à memória, à neuroproteção, à plasticidade axonal e à sináptica, à recuperação motora, à sobrevivência e ao crescimento de neurônio, dentre outras. A consolidação de Memórias de Longa Duração é um processo lento e frágil e está sujeita a **mecanismos de modulação**: 1) conteúdo emocional das experiências; 2) vinculação das experiências

novas com as antigas. Memória de longa ou curta duração são **processos paralelos**, ainda que uma auxilia na ocorrência da outra.

De forma esquemática, fazendo o uso da classificação estabelecida por Mourão Junior e Faria (2015), temos o Esquema 6 a seguir:

Esquema 6 – Classificação da memória de longa duração.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024) a partir de Mourão Junior e Faria (2015).

Cosenza e Guerra (2011) explicam que os seres humanos possuem uma **Memória Explícita** e uma **Memória Implícita**. A primeira trata-se de uma memória consciente e voluntária do sujeito, enquanto a segunda é inconsciente e involuntária. De acordo com Gazzaniga e Heatherton (2005), a **memória explícita** requer esforço cognitivo para que as informações sejam recordadas. Tais memórias recuperadas por meio da memória explícita são chamadas **memórias declarativas**. Lembrar o que comemos no almoço, por exemplo, faz uso da memória explícita (consciente), enquanto escovar os dentes ou dirigir faz uso da memória implícita, pois são atos automáticos (inconscientes) do sujeito.

Um dos processos mais importantes da memória implícita é a **memória de procedimentos**. Essa retentiva é utilizada quando o ser humano realiza alguma tarefa cotidiana, de maneira automática como, por exemplo, dirigir, andar de bicicleta, amarrar os sapatos ou escovar os dentes. Diferentemente da memória explícita, que ativa diversas redes neurais, ela ativa circuitos específicos do cérebro quando é utilizada (Cosenza; Guerra, 2011). Gazzaniga e Heatherton (2005) explicam que a **memória implícita não requer foco ou atenção e, portanto, não há esforço cognitivo deliberado**. Esse tipo de

memória influencia o que se chama de **aprimoramento de repetição** (*priming*). Pode-se inferir, por exemplo, que deixar informações expostas no ambiente da sala de aula pode contribuir para o aprimoramento da memória implícita.

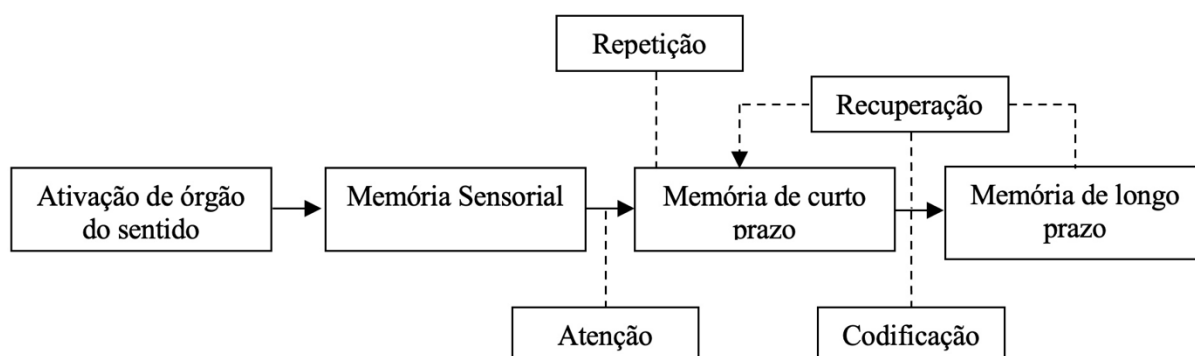
De acordo com Izquierdo *et al.* (2013), quando se considera o **critério do conteúdo das memórias**, elas podem ser classificadas em: 1) **declarativas** e 2) **procedimentos ou hábitos**. A primeira se relaciona a eventos, fatos ou conhecimentos, enquanto a segunda é evocada de forma mais automatizada pelo indivíduo como, por exemplo, andar de bicicleta. Os especialistas explicam que, para memórias declarativas, há participação do hipocampo, amígdala e algumas regiões corticais (pré-frontal e parietal, por exemplo), enquanto para as memórias de procedimento o hipocampo é menos demandado, havendo a utilização de circuitos subcorticais (núcleo caudato e circuito cerebelares).

A memória explícita pode ser dividida em dois tipos: **transitória** e **permanente**. A memória transitória, também conhecida como memória operacional (ou memória de trabalho), como o próprio nome já sugere, possui pouco tempo de duração. Tem como finalidades principais reter e processar informação, ainda que por curto espaço de tempo, sendo indispensável para a realização de tarefas diárias e para a aprendizagem (Cosenza; Guerra, 2011). Gazzaniga e Heatherton (2005) denominam de **memória de curto prazo (MCP)**, ou ainda **memória imediata**, a memória com capacidade limitada em que o indivíduo possui consciência por um período breve, em torno de 20 segundos. Parece plausível supor que memória transitória, memória operacional, memória de trabalho, memória de curto prazo e memória imediata são sinônimos, apenas sendo definida com diferentes nomenclaturas por autores distintos.

A memória de trabalho, citada anteriormente, possui três componentes, quais sejam: 1) a memória sensorial; 2) um sistema de repetição e 3) mecanismos de atuação. Quando uma informação chega ao sujeito por meio dos órgãos dos sentidos, há a ativação da **memória sensorial**. Por meio da atenção, o sujeito decide se a informação recebida vai permanecer armazenada ou será descartada. Para que esta seja armazenada por mais tempo, há necessidade de repetição do fenômeno (sistema de repetição) para que sejam criadas mais conexões neurais e resgate daquilo que o sujeito já conhece (mecanismos de atuação). Os autores chamam a atenção, ainda, para a existência de uma memória denominada **memória prospectiva**. Trata-se de uma memória responsável por controlar nossas ações futuras. É por meio desse tipo de memória que os seres humanos lembram, por exemplo, de seus compromissos futuros (Cosenza; Guerra, 2011).

Gazzaniga e Heatherton (2005) propõe um **modelo modal de memória**, conforme o Esquema 7 a seguir:

Esquema 7 – Modelo modal de memória.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024) a partir de Gazzaniga e Heatherton (2005).

O esquema anterior (Esquema 7), proposto por Gazzaniga e Heatherton (2005), pode ser explicado a partir de uma situação prática. Digamos que a uma pessoa lhe é pedido seu número de celular e ela responda, repetindo algumas vezes. Inicialmente, há um contato inicial com a informação (o número de telefone) por meio dos órgãos do sentido (os ouvidos, via de entrada do sentido da audição). Usando a atenção e desconectando-se de interferências externas, por meio da memória sensorial auditiva (memória ecóica), a pessoa tenta memorizar o número, passando-a para a memória de curto prazo. É preciso que o número de telefone seja imediatamente usado ou que ocorram estratégias de repetição, caso contrário essa informação será perdida, já que ela dura, aproximadamente, 20 segundos. Se for de interesse do sujeito “decorar” o número de telefone, será necessário utilizar recursos e estratégias com a intenção de promover a repetição da informação. A partir de então, um processo lento se inicia para que esta se torne uma memória de longo prazo. As informações armazenadas por mais tempo podem ser lembradas por meio de um processo de recuperação de informações.

Com relação ao processo de **repetição** de informações, Gazzaniga e Heatherton (2005) evidenciam duas possibilidades: repetir o contato com o mesmo estímulo várias vezes, configurando a **repetição de manutenção**, ou provocar o contato com a mesma informação de maneiras distintas e mais significativas, elaborando, assim, o que se chama **repetição elaborativa**. Pensando no contexto de sala de aula, há possibilidade de provocarmos a repetição de determinado conteúdo das duas maneiras: repetindo o mesmo material ou variando estímulos que contenham a mesma informação. Embora ambos os

estilos de trabalho tenham a intenção de fazer com que a informação seja deslocada para a memória de longo prazo, novos caminhos neurais são criados ao variar os recursos e estratégias, diferentemente do que ocorre na repetição de manutenção, quando reforçamos sempre o mesmo circuito do sistema nervoso. Com o mesmo conjunto de palavras, por exemplo, pode-se perguntar aos estudantes sobre a grafia, o som ou significado das palavras, sendo que a questão semântica parece se destacar das demais no que concerne à manutenção na memória.

De acordo com Gazzaniga e Heatherton (2005), as informações que são armazenadas e organizadas na memória de longo prazo são aquelas que possuem **significado** para o indivíduo. Os dados significativos formam uma **rede de associação**, que é constituída por **nodos**. Para organizá-las, utilizam-se estruturas denominadas **esquemas**, que “são estruturas cognitivas hipotéticas que nos ajudam a perceber, organizar, processar e usar informações” (Gazzaniga; Heatherton, 2005, p. 227). A partir da formação desses esquemas, o sujeito organiza as informações semanticamente próximas de forma agrupada de maneira que, ao se referirem a um nodo, é possível que se lembre das informações que estão associadas a ele. Para os autores, tudo que auxilia na recuperação de informações é denominado **deixa de recuperação**. Estas são influenciadas por dois fatores: 1) **contexto** e 2) **estado interno** em que as informações foram concebidas e codificadas. Em outra seção deste texto, a elaboração de esquemas será abordada de forma mais aprofundada.

Alguns cientistas da psicologia intitulam de **imagens mentais eidéticas** as imagens formadas a partir das “memórias fotográficas”, que se baseiam na ideia de que é possível armazenar informações visuais a partir de determinada cena presenciada pelo indivíduo. Estudo realizado na década de sessenta evidenciou que 8% a 10% das crianças guardam algumas imagens desse tipo e que, em adultos, esse percentual é quase nulo (Gazzaniga; Heatherton, 2005).

Menon (2010) explica que a falta de Memória de Trabalho leva à dependência de estratégias imaturas de solução de problemas matemáticos em crianças. Entretanto, ele chama atenção para o fato de que algumas áreas cerebrais responsáveis pela memória de trabalho (córtex parietal posterior e córtex pré-frontal dorsolateral) amadurecem no intervalo de 7 a 25 anos de idade. O intervalo de maturação dessas áreas cerebrais pode explicar a dificuldade de memorização de crianças e adolescentes em idade escolar, na medida em que esse processo termina somente na fase adulta.

Até o momento, tratou-se no texto da Memória de Trabalho, uma memória transitória (de curta duração), que é classificada como explícita, uma vez que é consciente e voluntária por parte do sujeito. Entretanto, há uma **memória permanente**, ou seja, de longa duração, que também é classificada como explícita. Para que uma memória se torne permanente, é necessário que ocorra um processo que possui três componentes, quais sejam: 1) **repetição**; 2) **elaboração** e 3) **consolidação** (Cosenza; Guerra, 2011).

O primeiro componente, denominado de **repetição**, sugere que, para determinado conceito fazer parte de uma memória permanente, é necessário que o indivíduo entre em contato com ele inúmeras vezes. O segundo componente, chamado de **elaboração**, sugere que, é necessário que o sujeito associe o conceito que deseja memorizar a outros que ele já conheça. A elaboração de um conceito pode ser realizada de forma simples ou complexa. Quanto mais conexões se fizer com aquilo que indivíduo já conhece, mais complexa é a elaboração e, conseqüentemente, a memória é ainda mais permanente. Por fim, o terceiro componente, denominado de **consolidação**, pode provocar mudanças no cérebro, inclusive com o aparecimento de novos canais nervosos, tornando a memória bastante forte, do ponto de vista do tempo de duração. Cabe salientar que este último componente demora a se estabelecer e requer inúmeras repetições e elaborações (Cosenza; Guerra, 2011). Talvez, por esse motivo, quando nos interessamos pela aprendizagem efetiva de algum conceito matemático é necessário repetir, seja por meio de exercícios ou outro recurso didático.

Em relação à anatomia do cérebro, é importante salientar que o **hipocampo** é o principal órgão envolvido na consolidação de novas memórias permanentes. Entretanto, como a elaboração e consolidação de novas memórias demandam diferentes canais sensoriais (imagem verbal, imagem tátil, imagem auditiva e imagem visual), diferentes redes neurais em várias partes do cérebro são ativadas. Cabe salientar, também, que é durante o sono que há a consolidação de novas memórias (Cosenza; Guerra, 2011).

Outra classificação da memória explícita tem como critério a natureza daquilo que o ser humano lembra. Assim, têm-se a **memória episódica** e a **memória semântica**. A memória episódica refere-se às lembranças da nossa vida pessoal, ou seja, a nossa biografia, enquanto a memória semântica diz respeito às lembranças de algo/alguém e de eventos que nos rodeiam (Cosenza; Guerra, 2011).

Estudos realizados por Menon (2010) evidenciam que as crianças memorizam fatos aritméticos por meio da exposição repetida, e esse processo envolve tanto a memória episódica (memória para eventos) como a semântica (memória para conceitos e fatos). A

memória episódica continua a melhorar até os 11 anos de idade e a velocidade de recuperação de memórias e estratégias usadas para lembrar continuam a se desenvolver até a idade adulta.

Considerando aspectos anatômicos, verifica-se que não há um local específico no cérebro onde as memórias são guardadas. Ao invés disso, entende-se que variados tipos de informações requerem partes distintas do cérebro para serem armazenadas e que estas possuem comunicações por circuitos de memória. Essa característica de distribuição das memórias é conhecida como **equipotencialidade**. Entretanto, sabe-se que o **lobo temporal medial**, que inclui a **amígdala**, o **hipocampo** e o **córtex rinal**, são relevantes para a memória, ainda que não seja o repositório final das memórias, pois em experimentos, verificou-se que a sua ausência inviabiliza o armazenamento de novas informações sem, contudo, prejudicar a recordação de informações mais antigas (Gazzaniga; Heatherton, 2005).

Gazzaniga e Heatherton (2005, p. 232) explicam que “[...] o armazenamento real, provavelmente, ocorre nos sistemas corticais específicos de processamento envolvidos durante a percepção, o processamento e a análise do material que está sendo aprendido”. Assim, o armazenamento de informações visuais ocorre em áreas do córtex responsáveis por esse tipo de informação; o armazenamento de informações captadas pela audição ocorre em estruturas corticais, responsáveis por esse sentido, e assim sucessivamente. O que acontece é que o **lobo temporal medial é a estrutura responsável pela associação/vínculo das informações originadas em cada parte do córtex cerebelar**, fortalecendo a mediação entre elas e promovendo tais conexões.

O **lobo frontal** também está associado à codificação, armazenamento e recuperação da memória, trabalhando em associação com outras regiões cerebrais. Esta parte do cérebro tem participação na memória episódica e memória de trabalho, dentre outras (Gazzaniga; Heatherton, 2005). Cabe salientar que em crianças em idade escolar, o lobo frontal ainda é imaturo, não estando completamente desenvolvido. Possivelmente, essa é uma limitação ao trabalho pedagógico, já que se trata de uma limitação biológica e que sai do controle docente.

A demanda do lobo frontal é assimétrica nos hemisférios cerebrais, pois a codificação e a recuperação ocorrem em hemisférios distintos e com diferentes demandas. Os especialistas ainda explicam que, por meio de ressonância magnética, a ativação e a intensidade do lobo frontal dependem do material que é observado. Assim, mais um aspecto pedagógico a ser considerado é quais são os tipos de materiais/recursos e que

tipos de informação promovem maior ativação do lobo frontal e, por consequência, influenciam a memória de trabalho positivamente (Gazzaniga; Heatherton, 2005).

A consolidação de memórias também tem relação com os **eventos neuroquímicos** no cérebro. Existem substâncias denominadas **neurotransmissores** que podem enfraquecer ou intensificar a memória. A **modulação de memória** é o sistema que auxilia os indivíduos a “decidirem” sobre a importância (ou não) das informações. Eventos importantes produzem mudanças químicas no cérebro e, por consequência, desencadeiam **experiências emocionais**. A adrenalina, por exemplo, é um hormônio neurotransmissor liberado na corrente sanguínea em situações de excitação. Ela, por si só, não tem efeito algum sobre a memória, porém, promove liberação de glicose, que entra no cérebro e influencia o armazenamento de informações (Gazzaniga; Heatherton, 2005).

Cabe ressaltar que a memória humana é imperfeita, sendo passível de **falhas e distorções**. Em estudo realizado por Viana (2018), destacou-se a possibilidade de os indivíduos adquirirem **falsas memórias**. A autora explica que, especialmente no contexto jurídico, para crimes contra a dignidade sexual, essa é uma questão bastante delicada, já que a vítima, por meio de testemunho, pode fornecer relatos equivocados para o juiz. A formação de falsas memórias, ao contrário das mentiras, é inconsciente e tem diversos aspectos e características.

Um primeiro ponto a ser considerado é que os testemunhos, assim como lembrar informações escolares, dependem da **capacidade de memorização** de cada um (Viana, 2018). Acontece que a memória é influenciada pela atividade sensorial e perceptiva, que depende do organismo de cada um de nós. Somos diferentes por natureza, logo nossa memória também. No contexto educativo, mesmo que sejamos expostos às mesmas práticas pedagógicas, por exemplo, cada estudante memorizará a situação de forma diferenciada.

Um segundo ponto levantado pela autora é com relação às **emoções na formação de memórias** e sua evocação. Níveis elevados tanto de emoções positivas, como de situações de estresse, atrapalham a codificação de memória, a cognição e o comportamento (Viana, 2018).

Um aspecto levantado no estudo empreendido por Viana (2018) é o **tipo e o modo de perguntas** que são realizadas aos indivíduos. O estudo em questão faz menção à área jurídica e mostrou relevantes diferenças nos testemunhos dependendo dos termos que foram usados para formular perguntas referentes a um determinado acidente de carro, objeto de discussão em questão. Do mesmo modo, pode-se inferir que a maneira e o tipo

de perguntas realizadas aos estudantes podem interferir na evocação das memórias e na elaboração de respostas.

O **tempo** entre a exposição de um determinado fato, a sua consolidação na memória e posterior evocação é um fator que influencia no teor de detalhamento da situação vivida quando precisamos recordar algo (Viana, 2018). A recordação de determinado evento (uma aula, por exemplo) não deve ocorrer tão logo feita a primeira exposição e nem muito tempo depois. Cabe ao docente equilibrar esses períodos na busca do melhor uso das informações armazenadas e evocadas pelos estudantes.

A memória não é algo estático, tampouco uma cópia fiel dos momentos em que somos expostos. Ela está sujeita a interpretações individuais, integração entre fatos e supressão de dados. Naturalmente, até por uma questão adaptativa, há **esquecimento de informações**. Há um processo de tradução que ocorre entre as experiências vividas, a formação de memórias e a evocação. Neste processo, informações originais são naturalmente perdidas, o que confere à memória uma característica de dinamicidade e incompletude (Viana, 2018).

Mauri (1996, p. 101) explica que “[...] memorizar resulta de um ato de construção, uma interpretação pessoal do novo que o aluno pode compreender, é a formação de uma ideia ou representação da informação a partir daquilo que já conhecia”. Nesta tese, a memória não é um processo puramente biológico de aquisição, consolidação e evocação de informações. Para além disso, conforme já foi exposto no decorrer desta seção, ela é uma construção pessoal que está associada, sobretudo, às experiências do sujeito.

A seguir, apresenta-se o quadro resumo abaixo (Quadro 6) com as principais ideias dessa seção teórica:

Quadro 6 – Quadro síntese da seção 4.1.3 – Memória.

QUADRO SÍNTESE DA SEÇÃO 4.1.3 → MEMÓRIA	
ASPECTOS GERAIS	
• Não há um consenso com relação às definições e classificações de memória; • Embora haja classificações da memória considerando diferentes critérios, elas ocorrem somente para finalidades didáticas, visto que os processos biológicos envolvidos não são lineares; • Labilidade da informação: momento de instabilidade, em que a memória pode ser perdida ou consolidada; • Caráter não estável: algumas informações são perdidas durante a consolidação ou evocação de memórias; • Integração temporal: necessidade de coerência cronológica para que as informações recuperadas da memória façam sentido; • Extinção de memórias: memórias com pouco reforço ou pouco evocadas, podem ser extintas. Esse processo é tão importante como a consolidação de memórias; • Efeito de primazia: tende-se a lembrar de informações do início de uma série de informações;	

• Efeito de recência: tende-se a lembrar de informações do final de uma série de informações.
DEFINIÇÕES
• Capacidade de o sistema nervoso adquirir e reter habilidades e conhecimentos utilizáveis; • Capacidade que os seres vivos têm de adquirir, armazenar e evocar informações.
ETAPAS DOS PROCESSOS RELACIONADOS À MEMÓRIA
• Aquisição (ou codificação): etapa em que as informações chegam ao cérebro por meio dos órgãos dos sentidos; • Consolidação (ou armazenamento): momento em que ocorre o armazenamento da informação (fixação); • Evocação (ou recuperação): momento em que ocorre a recuperação da informação armazenada. Tipos de evocação: reconhecimento (refere-se a estímulos já conhecidos) ou recordação (refere-se a estímulos pouco familiares).
MODELO DE FUNCIONAMENTO DA MEMÓRIA DE TRABALHO
• Executivo central: responsável pelo sistema atencional do sujeito e por gerenciar a memória de trabalho; • Esboço visuo-espacial: gerenciamento temporário de informações imagéticas; • Alça fonológica: gerenciamento temporário de informações sonoras; • Retentor episódico: gerenciamento temporário de informações já armazenadas.
ANATOMIA E FISIOLOGIA
• A consolidação de memórias declarativas ocorre no hipocampo, localizado no lobo temporal; • A evocação de memórias está associada, principalmente, ao córtex pré-frontal; • O processo de consolidação de memórias ocorre durante as fases do sono; • É necessária uma correta dosagem de neurotransmissores para que o processo de memorização ocorra corretamente; • A consolidação de memórias provoca mudanças estruturais (alterações nos neurônios e novas sinapses) e funcionais (otimização sináptica).
CLASSIFICAÇÃO 1 (CRITÉRIO DE DURAÇÃO)
• Memória de trabalho: tem duração de poucos segundos ou enquanto é utilizada; • Memória de curta duração: tem duração de 4 a 5 horas; • Memória de longa duração: tem duração de horas, dias ou meses (componentes: repetição, elaboração e consolidação); • Memória remota: tem duração de anos.
CLASSIFICAÇÃO 2 (CRITÉRIO DE TIPOS DE MEMÓRIA)
• Memória sensorial: associada àquelas informações com as quais temos um contato inicial por meio dos órgãos dos sentidos (é ultrarrápida, tem capacidade de armazenamento elevada, possui caráter pré-consciente, tem natureza elétrica). Pode ser do tipo icônica ou ecoica; • Memória de trabalho: relacionada àquelas informações que são demandadas enquanto precisamos delas (é ultrarrápida, tem capacidade de armazenamento limitada, tem função de organização das informações cerebrais. Possui três componentes: memória sensorial (ativada pela informação que chega pelos órgãos dos sentidos), sistema de repetição (necessidade de repetição do fenômeno) e mecanismos de atuação (resgate de conhecimentos prévios); • Memória prospectiva: responsável por controlar nossas ações futuras.

CLASSIFICAÇÃO 3 (CRITÉRIO DE CONTEÚDO)
• Declarativa (ou explícita): guarda informações conscientes que podem ser evocadas por palavras. Ainda pode ser dividida em episódica (guarda informações referentes a episódios e relaciona-se com nossa autobiografia, sendo temporal) ou semântica (guarda informações referente a fatos, sendo atemporal). • Não declarativa (ou implícita): guarda informações em nível subconsciente, sendo evocadas por ações, como por exemplo, dirigir (memória de procedimentos).
IDEIAS RELACIONADAS À MEMÓRIA PARA A APRENDIZAGEM
• A memória é um dos principais alicerces da aprendizagem; • O fato de simplesmente memorizarmos algo não configura aprendizagem; • É possível aumentar a capacidade de armazenamento da memória utilizando diferentes tipos de agrupamento das informações e considerando os sentidos que possuem em um contexto; • Dividir um conteúdo em partes menores e atribuir um sentido a elas, pode potencializar a aprendizagem (prática distribuída); • As memórias necessitam de diferentes grupos de estímulos para se concretizarem. Recursos didáticos podem ser diferentes estímulos (que envolvem o mesmo conteúdo); • As memórias necessitam de estímulos condicionados (reforços) para se tornarem de longo prazo; • A repetição de um mesmo material pode ser utilizada para provocar consolidação de memórias (superaprendizagem); • Os indivíduos tendem a guardar somente informações úteis/significativas; • As experiências do indivíduo formam um arcabouço para a ancoragem de novas memórias; • A consolidação de memórias e a aprendizagem estão relacionadas com as emoções (positivas ou negativas); • Deixar informações expostas no ambiente da sala de aula pode contribuir para o aprimoramento da memória implícita; • Repetição de manutenção: provocar contato com o mesmo material diversas vezes; • Repetição elaborativa: contato com a mesma informação de maneiras distintas; • As memórias de longo prazo necessitam da formação de esquemas e redes de associação; • A falha na memória de trabalho dificulta a expressão de respostas elaboradas a um problema matemático; • O córtex pré-frontal, responsável pela memória de trabalho, fica maduro por volta dos 25 anos de idade, o que pode ser um ponto crítico para a aprendizagem; • Alguns recursos pedagógicos estimulam mais a memória de trabalho do que outros; • As palavras que são utilizadas e os modos com que as perguntas são feitas, influenciam na memorização ou recuperação de memórias; • O docente deve cuidar o tempo para a recuperação de memórias, solicitando-a no tempo adequado, não sendo muito tempo depois da exposição.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.1.4 As funções executivas

O conceito de funções executivas (FE) é bastante amplo. Existem diferentes definições, modelos explicativos e categorizações que contemplam seus componentes, modo de funcionamento e testes para avaliá-las. Corso *et al.* (2013) explicam que esta abrangência excessiva acaba por resultar em uma falta de precisão do conceito e da definição de funções executivas, além de ser um obstáculo para a realização de pesquisas em áreas que trabalham com este conceito. O desenvolvimento de áreas como a

Psicologia Cognitiva – que denominam as funções executivas de metacognição – e a Neuropsicologia, aliadas a recursos e técnicas de imagem, oferecem possibilidades de investigação sobre estruturas e processos envolvidos nas referidas funções (Uehara; Charat-Fichman; Landeira-Fernandez, 2013; Corso *et al.*, 2013).

Historicamente, o conceito de funções executivas foi descrito pela primeira vez como Executivo Central no modelo de memória proposto por Baddeley e Hitch (1974). Já na década de oitenta, foi Muriel Lezak, neuropsicóloga americana, a responsável por utilizar o termo para se referir à dimensão do comportamento humano em quatro dimensões distintas, quais sejam: 1) **formação de objetivos**; 2) **planejamento da ação para a realização do objetivo**; 3) **realização de plano direcionado ao objetivo**; e 4) **desempenho eficaz** (Corso *et al.*, 2013).

De acordo com Dias e Seabra (2013, p. 206), as funções executivas

[...] são requeridas sempre que o indivíduo se engaja em tarefas ou situações novas, para as quais não possui um esquema comportamental prévio ou automatizado, bem como na resolução de problemas e no estabelecimento de objetivos, sendo fundamentais ao seu funcionamento adaptativo do dia-a-dia.

Baggetta e Alexander (2016) realizaram uma revisão sistemática de artigos da base de dados *PsycInfo* com o objetivo de sondar definições de funções executivas na literatura. Os autores concluíram que não existe consonância em relação a esse conceito e que há necessidade da utilização de uma linguagem unificada. Outro aspecto do mesmo estudo diz respeito aos 39 **componentes das funções executivas**. Dentre os mais citados, estão: 1) **controle inibitório**, 2) **a memória operacional** e 3) **a flexibilidade cognitiva**, que são a base das FE (Dias; Seabra, 2013; Corrêa, 2019). Reconhece-se que as funções executivas são um **constructo multidimensional** com diferentes modelos teóricos e suas relações, entretanto, apresentar-se-á, nesta seção de maneira mais detalhada, os três fatores mais citados na literatura.

Dias e Seabra (2013) classificam o controle inibitório, a memória de trabalho e a flexibilidade cognitiva como **funções executivas simples**. Segundo as autoras, é, a partir dessas, que as denominadas **funções executivas complexas** são originadas, como por exemplo, o planejamento, a tomada de decisão, a resolução de problemas e o raciocínio, amplamente utilizados em atividades que envolvem a Matemática.

Malloy-Diniz e Dias (2020) explicam que as funções executivas são:

Um conjunto de processos mentais que, de forma integrada, permitem que o indivíduo direcione comportamentos a metas, avalie a eficiência e a adequação desses comportamentos, abandone estratégias ineficazes em prol de outras mais eficientes e, assim, resolva problemas imediatos, de médio e longo prazo (Malloy-Diniz; Dias, 2020, p. 31).

Segundo Cosenza e Guerra (2011, p. 86), “funções executivas são o conjunto de habilidades e capacidades que nos permitem executar as ações necessárias para atingir um objetivo”. Assim, nota-se a necessidade de se ter essas funções desenvolvidas, não somente para que haja sucesso na escola, mas para que se consiga executar as tarefas cotidianas, das mais simples até aquelas que dependem de um planejamento mais apurado, bem como a realização de algumas tarefas intermediárias para o alcance de um objetivo maior. Para os autores, ainda, “a capacidade de planejar no longo prazo, de medir as consequências dos próprios atos, de inibir os comportamentos inadequados, são a essência do que chamamos de funções executivas” (Cosenza e Guerra, 2011, p. 96).

Uehara, Charchat-Fichman e Landeira-Fernandez (2013, p. 26) definem as funções executivas como “as habilidades cognitivas que permitem o indivíduo controlar e regular seus pensamentos e comportamentos [...]”. Ainda para os mesmos autores, as FE são “o conjunto de habilidades e capacidades que nos permitem executar as ações necessárias para atingir um objetivo”. Na concepção de Corso *et al.* (2013, p. 21) as funções executivas estão associadas à “[...] capacidade de planejamento, monitoramento e controle da própria atividade”.

Corrêa (2019, p. 51) explica que “ações cotidianas, mesmo as mais triviais, requerem habilidades relacionadas à organização e ao monitoramento da atividade. Tais habilidades fazem parte de um conjunto denominado de funções executivas”. A mesma autora ainda destaca que além do gerenciamento de metas, as funções executivas têm como finalidade regular as emoções do indivíduo. As funções executivas abrangem não somente aspectos cognitivos para planejar e executar tarefas, mas também, aspectos comportamentais e sociais (Corrêa, 2019).

Na concepção de Shiavon, Viola e Grassi-Oliveira (2012, p. 29), trata-se de “um sistema de gerenciamento de capacidades cognitivas a serviço de objetivos”. Para eles, há uma estreita relação entre as FE e a motivação, que será abordada em outra seção. Parece plausível supor que as FE são um conjunto de habilidades unitárias e independentes que interagem entre si, tendo caráter multifacetado e integrativo de diversas funções (Shiavon; Viola; Grassi-Oliveira, 2012).

Para Oliveira (2014, p. 18), as funções executivas “relacionam-se com a organização da informação pelo executor da informação, formulando planos, definindo objetivos, controlando as variantes”. Assim, percebe-se que os indivíduos fazem o uso dessas funções quase que todo o tempo: ao acordarem, planejam o café da manhã e as atividades matinais; durante todo o dia, ao realizarem as atividades no seu ambiente de trabalho; e à noite, quando vão à academia, preparam o jantar e planejam o dia seguinte.

Um exemplo de uso das funções executivas é a escrita desta tese. Para que ela ocorresse, foi necessário projetar ações, executá-las e monitorá-las até que o objetivo final fosse atingido: a escrita integral do relatório final da investigação. Diversas subtarefas precisaram ser mantidas na memória operacional do autor e devem ser ordenadas em determinado espaço de tempo. Oliveira (2014, p. 19) explica que “funções executivas bem desenvolvidas permitem que o aluno seja independente, tenha capacidade de meta-análise, supere limites e utilize habilidades para aprender”. Pelas indicações do autor, o desenvolvimento de funções executivas é primordial para o desenvolvimento de uma vida plena, desde as tarefas mais simples, como escovar os dentes a algo mais complexo.

De maneira geral, Corrêa (2019, p. 51), explica que dentre as principais finalidades das funções executivas estão: a) inibição ou supressão de informações irrelevantes ou comportamentos inadequados; b) manutenção, organização, representação ou operação da memória de trabalho; c) possibilidade de diferentes abordagens a um problema, evitando apego a padrões rígidos, sejam eles cognitivos ou socioafetivos. Na concepção de Dias e Seabra (2013, p. 206), “[...] essas habilidades atuam no controle e na regulação de outros processos comportamentais, o que inclui a cognição e a emoção”, sugerindo que as funções executivas não estão associadas somente a processos cognitivos, como também, sociais e emocionais.

Como já explicitado anteriormente, pode-se dizer que as **funções executivas básicas** são: 1) **o controle inibitório**; 2) **a flexibilidade cognitiva**; e 3) **a memória de trabalho**. O controle inibitório, como o próprio nome já sugere, refere-se à habilidade do indivíduo inibir comportamentos inadequados, resistir ou interromper impulsos em tempo apropriado de avaliar o impacto da ação. Dias e Seabra (2013) explicam que tal habilidade está entre as mais importantes das funções executivas, em função dos seguintes fatores: 1) permite ao indivíduo controlar comportamentos inadequados e ter autocontrole; 2) está envolvida nos processos atencionais, em especial a atenção seletiva, pois auxilia no controle de interferências externas. As especialistas ainda completam:

[...] o indivíduo se torna capaz de inibir impulsos, comportamentos inadequados, respostas automáticas ou prepotentes, assim como estímulos irrelevantes ou distratores de modo que possa pensar antes de emitir uma resposta” (Dias; Seabra, 2013, p. 207).

A **flexibilidade cognitiva** diz respeito ao fato de o indivíduo conseguir mudar os planos em função de oportunidades ou obstáculos, agir conforme demandas de uma situação, conseguir se adaptar a mudanças, encontrar novas soluções para situações adversas, não se apegar a padrões rígidos, mudar o foco atencional e lidar com situações novas (Corrêa, 2019). Dias e Seabra (2013) explicam que ter esta habilidade desenvolvida permite ao indivíduo: 1) adaptar-se às demandas do ambiente; 2) adequar seu comportamento a novas regras; 3) mudar o foco de atenção e perspectiva; 4) aguçar a criatividade; 5) gerar soluções alternativas ou novas para determinado problema sem manter-se preso a padrões pré-estabelecidos de comportamento.

Por fim, a **memória de trabalho** colabora com as funções executivas visto que ela é responsável pelo armazenamento temporário e gerenciamento da informação, enquanto há o propósito de realização de atingimento de algum objetivo (Corrêa, 2019). Dias e Seabra (2013) explicam que o bom desenvolvimento da memória de trabalho permite ao sujeito: 1) relacionar ideias; 2) integrar informações contidas na memória de longo prazo; 3) projetar uma sequência de ações para o futuro; e 4) organizar comportamentos complexos. As mesmas pesquisadoras afirmam que o desenvolvimento potencial da memória de trabalho nos seres humanos inicia por volta dos 3 anos de idade e se estende até meados dos 5 anos. É nesta faixa de idade que as crianças precisam cada vez menos da presença física de objetos para conseguir pensar sobre eles. Embora haja desenvolvimento potencial nesse intervalo, há evidências de que há início do desenvolvimento desse tipo de memória por volta de 1 ano de idade e continua a se desenvolver até o início da idade da vida adulta.

Anatomicamente, as **funções executivas** estão relacionadas à **área pré-frontal do córtex** cerebral (Shiavon; Viola; Grassi-Oliveira, 2012; Corso *et al.*, 2013; Dias; Seabra, 2013) e ao **lobo frontal** (Uehara; Charat-Fichman; Landeira-Fernandez, 2013). Entretanto, esta última área demora a amadurecer ao longo do desenvolvimento humano e continua a se modificar até o final da adolescência, tendo seu estado pleno somente no início da vida adulta. O desenvolvimento dessa área é o que diferencia o ser humano dos outros animais (Alvarez; Lemos, 2006; Cosenza; Guerra, 2011). Esse pode ser um indício dos motivos pelas quais algumas crianças e adolescentes possuem tanta dificuldade de

organização escolar visto que, neste momento do desenvolvimento humano, as funções executivas ainda não estão em pleno funcionamento.

Existem, no mínimo, três circuitos no córtex pré-frontal que são responsáveis pelas funções executivas: 1) **orbitofrontal**; 2) **dorsolateral**; 3) **medial**. A região orbitofrontal relaciona-se à avaliação de riscos de determinadas ações e a consequente inibição destas; a região dorsolateral está associada com o planejamento e a flexibilização de comportamentos e com a memória operacional; por fim, a região medial, situada em uma zona chamada de giro do cíngulo, tem ligação com o monitoramento de ações, correção de erros e com a atenção (Cosenza; Guerra, 2011).

O aprimoramento de funções executivas depende, dentre diversos fatores, das nossas experiências anteriores, das expectativas com relação ao futuro e do ambiente em que vivemos. Tendo isso em vista, percebe-se por que as habilidades adquiridas pelas pessoas são distintas. O ser humano deve se comportar de acordo com normas estabelecidas socialmente, devendo aplicá-las de forma automática. Entretanto, o indivíduo pode extrapolar o que é socialmente aceito, no sentido de desenvolver habilidades além daquelas exigidas pela sociedade que o cerca (Cosenza; Guerra, 2011).

Para Alvarez e Lemos (2006), é fundamental que o sujeito tenha a memória de trabalho desenvolvida, pois ela também colabora para que a criança consiga pensar em uma futura profissão, mostrar diferentes modos de expressar como se sente, exercer sua liberdade de escolha, ser flexível no convívio social, controlar seus comportamentos e conseguir planejar alcance de objetivos. O desenvolvimento da memória de trabalho interfere de maneira significativa nas funções executivas do sujeito (Uehara; Charchat-Fichman; Landeira-Fernandez, 2013).

Em se tratando do ambiente escolar, com o objetivo de desenvolver cada vez mais as funções executivas dos estudantes, o professor deve dar ênfase a estratégias pedagógicas. Portanto os educandos poderão: 1) identificar limites e criar oportunidades de solução; 2) refletir sobre os próprios erros e ter tolerância a eles; 3) sentir-se desafiados; 4) ser instigados a planejarem formas de executar tarefas e subtarefas decorrentes do objetivo maior; e 5) conseguir ter uma visão crítica sobre os conteúdos que são abordados (Cosenza; Guerra, 2011).

Uehara, Charchat-Fichman e Landeira-Fernandez (2013) realizaram um estudo com o objetivo de revisar e apresentar principais teorias e modelos que influenciam na elaboração do conceito de funções executivas. Considerando aproximações teóricas, os autores estabeleceram uma categorização dessas teorias, chegando a quatro abordagens

explicativas: **Cognitivista, Neuropsicológica, Psicométrica e Desenvolvimentista**. Apresentam-se, a seguir, as principais teorias contempladas em cada categoria, sem, contudo, esgotá-las. A escolha por essas teorias está embasada na relevância destas, segundo estudo citado. Na **abordagem Cognitivista**, têm-se a **Teoria do filtro Atencional** (Broadbent, 1958), **Teoria Atencional da Seleção da Resposta** (Deutsch; Deutsch, 1963) e a **Teoria do Sistema Atencional Supervisor** (Norman; Shallice, 1986).

Para Lezak (1982), há quatro fatores intimamente ligados às funções executivas, quais sejam: 1) **volição**; 2) **planejamento**; 3) **ação intencional**; e 4) **desempenho efetivo**. A **volição** refere-se à motivação, intenção e consciência de desempenho de determinada ação intencional. Uma vez que o sujeito demonstrou o desejo de alcançar determinado objetivo, é necessário **planejar os passos necessários à ação**, bem como a criação de alternativas, caso ocorra algo errado com o planejamento inicial. Em seguida, é preciso colocar em prática as ações planejadas, o que a autora denominou de **ação intencional**. Por fim, é preciso avaliar, continuamente, as ações realizadas para corrigir comportamentos e regular as ações, caso necessário, ou seja, **verificar o desempenho efetivo** das ações planejadas e executadas. Parece plausível supor nesse modelo de funcionamento das funções executivas que há uma espécie de sequência de etapas a serem seguidas para que um objetivo seja alcançado.

Ao escrever sobre FE e sua relação com a aprendizagem, Corrêa (2019) elenca algumas atitudes dos estudantes que apresentarem dificuldades em aspectos básicos das referidas funções. A seguir, apresenta-se essas constatações, adaptadas no Quadro 7:

Quadro 7 – Relações entre funções executivas e aprendizagem.

Dificuldades com o controle inibitório
• Tem menos controle de si do que seus colegas de turma; • Tem dificuldade de ficar em seu lugar na sala de aula; • Interrompe ou atrapalha os outros, sendo, frequentemente, chamado atenção; • Requer, frequentemente, a supervisão de um adulto; • Possui, muitas vezes, nível alto de atividade e agitação; • Apresenta respostas inapropriadas; • Tem, com frequência, comportamentos disruptivos; • Apresenta falta de cuidado com a sua própria segurança; • Fala ou age sem pensar.
Dificuldades com a flexibilidade cognitiva
• É intolerante a mudanças; • Tem dificuldade em alternar a atenção ou mudar o foco de uma ideia ou tópico;

• Apega-se a padrões rígidos de rotina ou de comportamento; • Mostra dificuldade em pensar ou reconhecer diferentes formas de resolver problemas.
Dificuldade com a memória de trabalho
• Pede, frequentemente, que as informações sejam repetidas, como se não as tivesse escutado bem; • Esquece as respostas dadas, ou o que já foi feito em tarefas com várias etapas; • Tem dificuldade de realizar cálculos mentais; • Repete a informação na tentativa de manter a informação ativa para realizar a tarefa; • Tem muita dificuldade de realizar uma tarefa sem que haja material audiovisual disponível, referência ou âncora que funcionem como recursos mnemônicos; • Esquece ou parece não compreender as instruções ou etapas para realizar uma atividade; • Lembra ou o início ou o final de uma instrução mais longa ou complexa.

Fonte: Adaptado de Corrêa (2019).

A seguir, apresenta-se o quadro resumo (Quadro 8) com as principais ideias dessa seção teórica:

Quadro 8 – Quadro síntese da seção 4.1.4 – Funções Executivas.

QUADRO SÍNTESE DA SEÇÃO 4.1.4 → FUNÇÕES EXECUTIVAS
DEFINIÇÕES
• Conjunto de processos mentais que, de forma integrada, permitem que o indivíduo direcione comportamentos a metas, avalie a eficiência e a adequação desses comportamentos, abandone estratégias ineficazes em prol de outras mais eficientes e, assim, resolva problemas imediatos de médio e longo prazo; • Conjunto de habilidades e capacidades que nos permitem executar as ações necessárias para atingir um objetivo; • Capacidade de planejar a longo prazo, de medir as consequências dos próprios atos, de inibir os comportamentos inadequados; • Habilidades e capacidades que nos permitem executar as ações necessárias para atingir um objetivo; • É um sistema de gerenciamento de capacidades cognitivas a serviço de objetivos; • Relacionam-se com a organização da informação, formulando planos, definindo objetivos, controlando variáveis.
CLASSIFICAÇÃO
• Funções Executivas básicas: memória de trabalho, controle inibitório e flexibilidade cognitiva; • Funções Executivas complexas: a partir das funções executivas básicas, originam-se as complexas, como por exemplo: o planejamento, a tomada de decisão, a resolução de problemas e o raciocínio.
ANATOMIA E FIOLOGIA DAS FUNÇÕES EXECUTIVAS
• Córtex pré-frontal: Circuito orbitofrontal: avaliação de risco e inibição de ações; Circuito dorsolateral: planejamento e flexibilização de comportamentos; Circuito medial: monitoramento de ações, correção de erros e atenção. • Lobo frontal (maturação tardia. Dificuldade de organização na adolescência).

FATORES QUE INFLUENCIAM AS FUNÇÕES EXECUTIVAS
• Experiências anteriores; • Expectativas relacionadas ao futuro; • Ambiente em que vivemos.
ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DAS FUNÇÕES EXECUTIVAS
• Volição: motivação, consciência e intencionalidade de uma ação; • Planejamento: planejamento das ações necessárias para alcançar um objetivo e alternativas secundárias ao primeiro plano; • Ação Intencional: prática das ações planejadas; • Desenvolvimento efetivo: avaliação das ações e redirecionamento, se necessário.
IDEIAS RELACIONADAS ÀS FUNÇÕES EXECUTIVAS PARA APRENDIZAGEM
• FE desenvolvidas permitem que o aluno seja independente; • FE desenvolvidas permitem que o aluno tenha capacidade de metanálise; • FE desenvolvidas permitem que o aluno supere limites; • O professor deve promover atividades em que os alunos: possam identificar limites; tenham oportunidade de criar soluções; possam refletir sobre os próprios erros; tenham tolerância frente aos erros; sintam-se desafiados; possam planejar a execução de tarefas para solucionar um problema; desenvolvam criticidade. • Estudantes que apresentam problemas nas funções executivas básicas podem apresentar diferentes comportamentos, como exposto no quadro 7, proposto por Corrêa (2019).

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.1.5 Motivação

Diversos autores debruçaram seus estudos no tema **motivação**, emergindo algumas definições. Para Murray (1986, p. 20), ela é um “fator interno que dá início, dirige e integra o comportamento de uma pessoa”. Na concepção de Pfromm (1987, p. 112), os fatores motivacionais “[...] ativam e despertam o organismo, dirigem-no para um alvo em particular e mantem o organismo em ação”. Na visão de Balancho e Coelho (1996, p. 17), ela é “[...] o que desperta, dirige e condiciona a conduta para o alcance de um objetivo”.

Percebe-se que há diversas definições para o termo motivação na literatura. Entretanto, mesmo na visão dos diferentes teóricos, notam-se características em comum nas definições. Em todos os casos a motivação terá como finalidade **ativar e manter determinados comportamentos no indivíduo até que um objetivo seja atingido**.

Para Gazzaniga e Heatherton (2005, p. 280), motivação “é a área da ciência psicológica que estuda os fatores que energizam, ou estimulam o comportamento. Especificamente, diz respeito a como o comportamento é iniciado, dirigido e sustentado”. Em geral, os seres humanos são impelidos a cumprirem objetivos de diferentes ordens e, para tanto, precisam estar motivados. De acordo com os autores, a motivação é constituída

de “fatores psicológicos que estimulam comportamentos, que inspiram as pessoas a estabelecer objetivos e tentar atingi-los”.

Os autores ainda chamam atenção não somente para a importância de as pessoas terem objetivos, mas da necessidade de “**quebrar**” **esses objetivos maiores em metas “menores”**. A conquista paulatina dessas pequenas metas levaria o sujeito a motivar-se para a contínua busca do objetivo final. Esse pode ser um aspecto relevante ao pensarmos objetivos na escola. Pelas colocações do autor, parece plausível supor que promover situações que os estudantes cumpram pequenos objetivos pode ser uma estratégia para mantê-los motivados até que o objetivo geral da aula seja atingido.

Para o cumprimento de tais objetivos, pode haver **motivos reguladores** e **motivos intencionais** (Gazzaniga; Heatherton, 2005). **Os motivos reguladores** referem-se aos aspectos biológicos (necessidades básicas fisiológicas) tais como sede e fome, aos aspectos internos do corpo, como os hormônios e neurotransmissores, sendo inconscientes. Os seres vivos possuem a tendência da **homeostase**, ou seja, de manter o equilíbrio e possuem motivações reguladoras para suprir tais necessidades básicas.

Por outro lado, **os motivos intencionais** referem-se aos aspectos conscientes, que consideram o controle do próprio comportamento para a consecução de objetivos. Para promovermos a motivação no ambiente escolar, é possível pensarmos em estratégias que influenciem nos fatores intencionais, que levem o estudante a iniciar e manter determinado comportamento diante de uma atividade.

Os **estados de motivação** possuem **quatro características**. De acordo Gazzaniga e Heatherton (2005): 1) são **energizantes**: de forma análoga à energia de ativação, que desencadeia reações químicas, os estados de motivação desencadeiam comportamentos nos indivíduos; 2) **são diretivos**: servem para a satisfação de alguma necessidade específica; 3) **são persistentes**: os comportamentos podem se repetir até que o objetivo seja atingido; 4) **possuem força**: é um comportamento escolhido dentre vários, em função da força motivacional para atingir tal objetivo.

Consideremos como exemplo um paciente pós-cirúrgico que pode escolher entre fazer fisioterapia para se recuperar do joelho ou assistir televisão, e decide pelos cuidados com a saúde, ou seja, realizar fisioterapia. Percebe-se a presença dessas quatro características relacionadas ao comportamento do indivíduo ao fazer tal escolha. O desejo de se curar do joelho e voltar a andar (objetivo) desencadeou o **comportamento energizante**, ou seja, a ação que permitiu a realização de tratamento de reabilitação, a aceitação e procura de um tratamento com fisioterapeuta; é um **comportamento diretivo**

visto que tem o objetivo específico de permitir que o indivíduo volte a andar; é um **comportamento persistente**, já que são necessárias várias sessões de fisioterapia para que o objetivo seja atingido; o **comportamento possui força**, na medida em que o paciente decidiu, dentre as opções disponíveis, cuidar da saúde em vez de assistir televisão.

Existem diferentes **fatores relacionados à motivação**. O ser humano tende a **realizar e repetir experiências que geram prazer** e satisfação. A **expectativa** dos resultados que serão gerados pelo cumprimento do objetivo também interfere na motivação. Além disso, os **incentivos** ou **recompensas** podem ser considerados fatores motivacionais. Entretanto, devem ser utilizados com parcimônia, uma vez que recompensas externas em excesso **não satisfazem a necessidade de autonomia** do sujeito e podem não provocar a repetição do comportamento desejado (Gazzaniga; Heatherton, 2005). Nessa perspectiva, ao considerarmos o contexto escolar, ao contrário do que pensa o senso comum, recompensar ou premiar os alunos pode ser um fator que interfira negativamente na motivação e na iniciativa para o cumprimento de novos objetivos.

Ainda que motivação seja uma característica necessária e esperada dos indivíduos, Gazzaniga e Heatherton (2005) explicam que existe um **nível ótimo de excitação** para que o desempenho nas tarefas seja adequado, podendo ser representado, por exemplo, pela ansiedade ou pela emoção do sujeito. Excitação em níveis muito baixos ou muito elevados pode provocar desatenção ou desempenhos insatisfatórios. Em sala de aula, tarefas muito fáceis ou demasiadamente difíceis impedem os estudantes de atingirem o nível adequado de motivação. Além da dificuldade da tarefa, recursos e estratégias como música, arte e literatura podem afetar o emocional dos estudantes, podendo ser utilizados como elementos para provocar a motivação em sala de aula.

Gazzaniga e Heatherton (2005) explicam que há duas **categorias principais de motivos**: 1) **fatores extrínsecos**; e 2) **fatores intrínsecos**. Os **fatores extrínsecos** referem-se a dirigirmos nossas ações ou atividades para objetivos externos como, por exemplo, realizar horas extras no trabalho para a compra de um carro novo. Já os **fatores intrínsecos** não estão associados a objetivos externos, mas se relacionam ao valor ou prazer atrelado à atividade, sem um motivo aparente como, por exemplo, a motivação que temos ao brincar com algum animal de estimação. Somos motivados a brincar, já que sentimos prazer na atividade, mas não há um objetivo externo aparente como existe nos

fatores extrínsecos. Com relação à **motivação intrínseca**, Lourenço e Paiva (2010, p. 136) explicam que:

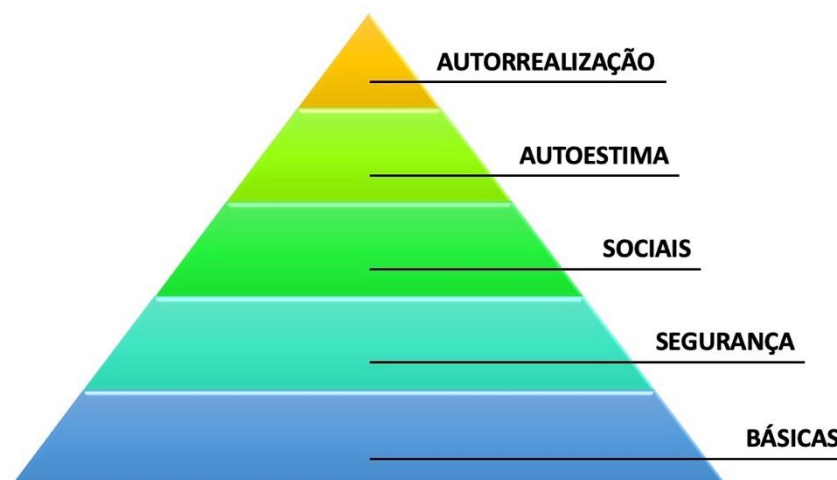
[...] representa uma tendência natural para procurar a novidade, o desafio e para atingir e exercitar as próprias aptidões. Diz respeito ao empenho numa determinada tarefa por esta ser interessante, envolvente ou, de certa forma, criadora de satisfação.

Para Lourenço e Paiva (2010), existem três fatores relacionados à motivação intrínseca e que são primordiais para a saúde psicológica de qualquer indivíduo: 1) **necessidade de autonomia**; 2) **necessidade de competência**; 3) **necessidade de pertencimento e estabelecimento de vínculos**. Todos os sujeitos tendem a se autogovernar (autonomia), realizando atividades por vontade própria. Para tanto, estabelecem ações para cumprir um objetivo e avaliam seu progresso continuamente. Além disso, os indivíduos precisam se sentir competentes, tendo um sentimento de eficácia, ou seja, é necessário que o sujeito interaja com o ambiente de forma satisfatória, conseguindo realizar aquilo que é proposto por ele ou por outrem. Por fim, a necessidade de pertencimento e estabelecimento de vínculos diz respeito a possuir conexões interpessoais prazerosas, estáveis e significativas. Parece plausível supor que, dependendo das práticas pedagógicas adotadas pelo professor, pode-se interferir nos aspectos supracitados.

Boruchovitch (2009) explica a **motivação extrínseca** e **motivação intrínseca** no contexto escolar. Um estudante motivado extrinsecamente faz as atividades, participa da aula e estuda para as provas em função de motivos externos, que podem ser, por exemplo, uma recompensa, o reconhecimento dos professores ou o medo da punição dos pais. Um aluno motivado intrinsecamente não aguarda por uma resposta externa das suas ações em sala de aula. Ele as realiza por prazer, interesse e satisfação em realizá-las. Pelo exposto, parece que os professores têm condições de atuar em fatores que interfiram na motivação extrínseca dos seus alunos. Ainda com relação ao contexto escolar, Boruchovitch (2009) explica que a motivação dos estudantes não depende somente de fatores individuais, mas do ambiente de sala de aula e da cultura da própria escola.

Uma das motivações do comportamento dos seres humanos é a satisfação de suas necessidades. Maslow (2019) estabelece uma pirâmide de hierarquia de necessidades, conforme a Figura 3 a seguir:

Figura 3 – Pirâmide das necessidades de Maslow.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024) a partir de Maslow (2019).

Abraham Maslow (2019) explica que as necessidades dos seres humanos, em geral, podem ser classificadas de maneira hierárquica em: 1) **básicas**; 2) **segurança**; 3) **sociais**; 4) **autoestima**; e 5) **autorrealização**, de forma que estas devem ser satisfeitas nessa ordem, ou seja, antes de se realizarem profissionalmente, os indivíduos precisam ter suas necessidades básicas atendidas. As **necessidades básicas** referem-se às questões fisiológicas do indivíduo, tais como: comer, tomar banho e dormir; as **necessidades de segurança** estão atreladas ao fato do sujeito sentir-se seguro como, por exemplo, ter uma casa para morar e sentir-se tranquilo nos lugares que costuma frequentar; as **necessidades sociais** correspondem aos laços afetivos estabelecidos com amigos, familiares, colegas de trabalho, visto que o ser humano é social e necessita sentir-se incluído em grupo e interagir com seus pares; a **categoria da autoestima** diz respeito à aceitação do sujeito por ele mesmo, com suas qualidades e imperfeições. Depois de todas essas necessidades satisfeitas, pode ocorrer a **autorrealização**, ou seja, a obtenção de metas mais robustas e realização de sonhos. Isso não quer dizer que alguém que não tem o primeiro nível satisfeito não possa atingir êxito nos demais. O que se defende é que o acesso a níveis mais elevados pode ser facilitado quando níveis inferiores são plenamente atingidos.

Inicialmente, acreditava-se que a motivação era uma condição para aprendizagem, ou seja, postulava-se que para aprender o aluno precisaria estar motivado. Lourenço e Paiva (2010) explicam que a relação entre motivação e aprendizagem vai além de uma pré-condição, sendo uma relação recíproca. Sendo assim, a motivação influencia na aprendizagem, do mesmo modo que o sucesso na aprendizagem influencia na motivação.

Quanto mais motivado um indivíduo está, possivelmente, mais estará aberto para o aprendizado. Da mesma forma, quanto mais sucesso possui ao aprender, mais motivado o estudante se torna. Nesse sentido, **aprendizagem e motivação mantêm uma relação recíproca**. Assim, pensar recursos, estratégias e outros elementos que despertem a motivação e, conseqüentemente, interfiram na aprendizagem de Matemática parece uma atitude emergente.

Martini e Boruchovitch (2004) elencam cinco atitudes docentes que podem motivar e auxiliar o bom desempenho dos estudantes: 1) **feedback positivo**: ainda que haja pontos que possam ser melhorados em alguma tarefa, o docente pode enaltecer pontos positivos, incentivar o esforço e propor estratégias de aprendizagem; 2) **avaliações adequadas**: os professores podem oferecer instrumentos de avaliação que permitam a participação, a melhoria de desempenho e a aprendizagem dos estudantes; 3) **atividades com nível adequado**: as atividades precisam ter um nível adequado de complexidade. Precisam ser desafiantes e, ao mesmo tempo, agradáveis; 4) **atividades que promovam o crescimento e a cooperação entre os alunos**: as ações pedagógicas devem ter como finalidades o domínio da tarefa, o crescimento holístico do estudante e a cooperação entre os colegas; 5) **orientação adequada por parte dos professores**: a ação docente é fundamental para a motivação do estudante. Oferecer-lhe incentivo, apoio e orientação são fatores que impulsionam a motivação. As atitudes adequadas dos professores serão abordadas de maneira mais aprofundada em seção posterior.

A seguir, apresenta-se o quadro resumo (Quadro 9) com as principais ideias dessa seção teórica:

Quadro 9 – Quadro síntese da seção 4.1.5 – Motivação.

QUADRO SÍNTESE DA SEÇÃO 4.1.5 → MOTIVAÇÃO	
DEFINIÇÕES	
• Fator interno que dá início, dirige e integra o comportamento de uma pessoa; • Fatores que ativam e despertam o organismo, dirigem-no para um alvo em particular e o mantêm em ação; • É o que desperta, dirige e condiciona a conduta para alcance de um objetivo; • Área da ciência psicológica que estuda os fatores que energizam, ou estimulam o comportamento; • Fatores psicológicos que estimulam comportamentos, que inspiram as pessoas a estabelecer objetivos e tentar atingi-los; • Visão comum entre os autores: ativar e manter determinados comportamentos no indivíduo até que um objetivo seja atingido.	
CARACTERÍSTICAS DOS ESTADOS MOTIVACIONAIS	
• Energizantes: de forma análoga à energia de ativação, desencadeiam comportamentos; • Diretivos: servem para satisfazer uma necessidade específica;	

• Persistentes: comportamentos podem se repetir até que o objetivo seja atingido; • Força: um comportamento é escolhido dentre vários pois possui maior força.
FATORES RELACIONADOS À MOTIVAÇÃO
• Tende-se a repetir experiências prazerosas; • Expectativa dos resultados que serão gerados com o cumprimento do objetivo pode interferir na motivação; • Incentivos e recompensas podem ser fatores motivacionais, se usados com parcimônia.
FATORES RELACIONADOS À MOTIVAÇÃO INTRÍNSECA
• Necessidade de autonomia: necessidade de se autogovernar, realizando atividades por vontade própria; • Necessidade de competência: necessidade de conseguir realizar aquilo que é proposto pelo próprio indivíduo ou por outrem; • Necessidade de pertencimento e estabelecimento de vínculos: necessidade de possuir vínculos interpessoais estáveis, prazerosos e significativos.
CLASSIFICAÇÃO 1
• Motivos reguladores: referem-se a aspectos biológicos e internos do corpo; • Motivos intencionais: referem-se a aspectos conscientes do próprio comportamento.
CLASSIFICAÇÃO 2
• Fatores extrínsecos: dirigimos ações para alcançarmos objetivos externos; • Fatores intrínsecos: relacionam-se com o valor ou prazer relacionado à atividade, sem motivo aparente.
CLASSIFICAÇÃO 3 – PIRÂMIDE DAS NECESSIDADES
Uma das motivações dos seres humanos é a satisfação de suas necessidades, que, de acordo com Maslow (2019), podem ser classificadas em cinco tipos: • Básicas: relacionadas a questões fisiológicas como comer, tomar banho e dormir; • Segurança: relaciona-se ao fato de o sujeito sentir-se seguro nos lugares que frequenta; • Sociais: relaciona-se com a intensidade de laços afetivos estabelecidos; • Autoestima: relaciona-se com o fato de o sujeito aceitar a si mesmo; • Autorrealização: relaciona-se com a obtenção de metas mais robustas e sonhos.
IDEIAS RELACIONADAS À MOTIVAÇÃO PARA A APRENDIZAGEM
• “Quebrar” objetivos maiores em metas menores pode estimular os alunos; • Tarefas muito fáceis ou muito difíceis podem impedir o nível ótimo de motivação; • Recursos e estratégias como música, arte e literatura podem servir para motivar; • Um aluno motivado extrinsecamente age em função de possíveis acontecimentos externos como, por exemplo, o reconhecimento dos professores ou o medo de punição dos pais; • Um aluno motivado intrinsecamente age por interesse, prazer e satisfação próprios; • A motivação no ambiente escolar depende de fatores ambientais e culturais; • Considerando a díade motivação e aprendizagem, acredita-se que elas se retroalimentam, ou seja, quanto mais um estudante está motivado, mais poderá aprender. Do mesmo modo que, quanto mais aprende, mais se motiva.
ATITUDES DOCENTES CAPAZES DE MOTIVAR OS ESTUDANTES
• Feedback positivo: enaltecer pontos positivos e valorizar o esforço do estudante; • Avaliações adequadas: oferecer tarefas que promovam a participação e aprendizagem; • Atividades com nível adequado: oferecer atividades com carga cognitiva adequada; • Atividades que promovam crescimento e cooperação: ação docente deve promover domínio da tarefa, crescimento holístico e cooperação estudantil;

- **Orientações adequadas por parte do docente:** oferecer incentivo, apoio e orientação.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.1.6 Emoção

O estudo das emoções, em uma vertente psicológica, é algo relativamente novo, datando da década de sessenta. Na Antiguidade Clássica, o estudo das emoções foi desvalorizado, uma vez que a alma era considerada um dos conceitos mais importantes da época. De maneira bastante tímida, apenas dois mil anos depois é que filósofos, tais como Descartes e Spinoza, enfatizaram o estudo da emoção em suas investigações (Dias; Cruz; Fonseca, 2008).

Historicamente, entre o final do século XIX e meados do século XX, uma vertente da psicologia denominada de **Comportamentalismo** era desfavorável ao estudo das emoções uma vez que os **fenômenos emocionais não possuíam aspectos observáveis** nem modelos, sendo considerados confusos e pouco explicativos. Nessa época, investigações relacionadas às emoções estavam atreladas somente a comportamentos facilmente observáveis como a fome e a sede, por exemplo. Gradativamente, a Psicologia foi se afastando da perspectiva Comportamentalista e aceitando que as emoções não estavam baseadas somente em estímulos-respostas que podiam ser observados e operacionalizados, como preconizava tal vertente, mas que haveria **processos mentais engendrados nas emoções**, tratando-se, portanto, de uma nova perspectiva, do tripé estímulo-organismo-resposta (Dias; Cruz; Fonseca, 2008).

Para Bear, Connors e Paradiso (2008), a **emoção** é o que dá significado ao fato de sermos humanos. Para os especialistas, há um constrangimento no estudo das emoções no que concerne ao seu **aspecto subjetivo** na medida em que é possível, na maioria dos casos, observar somente o comportamento dos indivíduos para estudar fenômenos emocionais, mas esses podem não conseguir expressar os seus sentimentos por palavras ou ações.

Emoção é um conceito amplo, complexo e multifacetado, de difícil definição, tanto do ponto de vista do próprio significado como dos sentidos que são compartilhados entre as pessoas. É um processo que envolve todo o organismo e que vai sofrendo modificações no decorrer da vida (Roazzi *et al.*, 2011). Não há uma Teoria das Emoções universalmente aceita pelos investigadores da área (Dias; Cruz; Fonseca, 2008).

Ainda que não haja uma teoria universalmente aceita, Bear, Connors e Paradiso (2008) enfatizam que houve duas tentativas, no final do século XIX, de se articular teorias em torno das emoções: A **Teoria James-Lange** e a **Teoria Cannon-Bard**. Na primeira, a **emoção seria uma resposta à determinada alteração fisiológica**. Por exemplo: sentimos tristeza porque choramos e não choramos porque nos sentimos tristes. Já na segunda teoria, a **experiência emocional poderá ocorrer independentemente de uma expressão emocional**, ou seja, você pode estar triste e não chorar. Os pesquisadores ainda enfatizam a existência da **emoção inconsciente**.

Nesse caso, o sujeito pode apresentar respostas fisiológicas (suor e aumento da frequência cardíaca, dentre outras), independentemente de algum estímulo sensorial aparente que provoque tais alterações. Isso pode ser explicado em função de experiências anteriores dos sujeitos. Por exemplo, em experimento realizado, cada vez que os participantes entravam em contato com uma imagem de face zangada, levavam um choque em um dedo da mão e isso provocava alterações fisiológicas. Em outro momento do experimento, ao entrarem em contato com um rosto zangado, mas sem levar choque, os participantes já exibiam respostas fisiológicas.

Embora não exista uma definição para o conceito de emoção, Dias, Cruz e Fonseca (2008), ao realizarem uma análise aprofundada da literatura, identificaram que há três elementos essenciais para definir uma emoção: 1) **Reações fisiológicas**; 2) **Tendências para a ação**; e 3) **Experiência subjetiva da emoção**. Parece plausível supor que determinada emoção **possui um padrão de reações fisiológicas**. Por exemplo, quando uma pessoa se assusta e fica com medo (emoção), há aumento da frequência cardíaca (padrão de reação), independente de quem seja o sujeito. Trata-se de uma reação fisiológica provocada pelo medo.

Um segundo elemento diz respeito aos **comportamentos, atitudes e ações** do sujeito perante determinada situação emocional. Por exemplo, uma ação pode ser evitar ou se afastar de pessoas que provocaram uma sensação desagradável (emoção negativa). Por fim, o terceiro elemento refere-se à **experiência subjetiva da emoção**, visto que devem ser consideradas as **condições em que as emoções foram geradas** (contexto) e as **crenças** subjacentes a tal reação.

Entretanto, cabe salientar que **nem todas as emoções**, para serem enquadradas como tal, **precisam apresentar os três elementos supracitados**. Nem todas as emoções precisam desencadear reações fisiológicas, da mesma forma que não precisam ter alguma ação associada por parte do sujeito, a três motivos principais: 1) **ela pode ser ocultada**

pelo sujeito para inibir ou transformar determinada ação; 2) **ela pode ser constrangida por regras socialmente estabelecidas**, por exemplo, não se deve gritar no meio do *shopping*; 3) **a ação pode não ser tão evidente**, por exemplo, no caso do alívio, o relaxamento muscular não precisa, necessariamente, ficar explícito. Por fim, as **experiências subjetivas das emoções podem ser distorcidas** em função da incapacidade/impossibilidade de o indivíduo explicar as suas emoções e as condições que a geraram. Por isso, é imprescindível que as emoções sejam observadas e interpretadas em determinado contexto, considerando-se diversos dados (Dias; Cruz; Fonseca, 2008).

Muitas pessoas utilizam os conceitos de **afeto, emoção e estados de humor** de forma indiscriminada, utilizando-os para se referirem à mesma coisa. Entretanto, as emoções e os estados de humor podem se diferenciar tanto em **aspectos quantitativos** (tempo de duração e persistência), como em **aspectos qualitativos** (clareza e intensidade). Geralmente, as **emoções são episódios mais breves** do que os estados de humor e não são necessariamente ativadas, no sentido de que podem ser menos visíveis ou não estarem presentes a observadores externos. Não se experiencia, por exemplo, “não estar apaixonado” (Dias; Cruz; Fonseca, 2008).

As **emoções** têm relação direta com os **objetivos pessoais dos indivíduos** e podem ser desencadeadas a partir da **avaliação desses sujeitos em relação à sua posição frente a esses objetivos**. Elas são precedidas de **eventos e contextos reconhecíveis**, ou seja, geralmente o sujeito sabe por que ficou com medo e por que está irritado, por exemplo. Acredita-se que há um conjunto de **emoções básicas/discretas** que, combinadas, fazem emergir diferentes estados e comportamentos emocionais mais complexos (Dias; Cruz; Fonseca, 2008).

Com relação à **universalidade das emoções**, existem duas perspectivas: a **filogenética** e a **ontogenética**. Para os apoiadores da primeira, existem mecanismos relacionados às emoções que são universais e herdados pelas espécies como, por exemplo, as respostas fisiológicas e as expressões faciais, sendo essas últimas uma das maiores fontes de elementos observáveis relacionados aos fenômenos emocionais. Acredita-se, ainda, que possam existir evidências de dimensões cognitivas universais das emoções, uma vez que, independentemente da cultura, as pessoas conseguem identificar as suas emoções e os comportamentos associados (Dias; Cruz; Fonseca, 2008).

Em oposição, a perspectiva ontogenética sustenta a ideia de que há **variações nas emoções** e que estas dependem de **contextos socioculturais** e das **experiências de cada indivíduo**. Esses dois elementos – o contexto e as experiências individuais – interferem

diretamente no que é observado no comportamento humano. Duas pessoas de culturas distintas, ao se depararem com a morte de um familiar, podem avaliá-la de forma similar e sentirem tristeza (emoção), entretanto, essa situação pode ser mais desagradável para um deles (Dias; Cruz; Fonseca, 2008). Para os autores:

As emoções podem ser conceitualizadas como uma espécie de “interface” entre o interior e o exterior das pessoas: embora frequentemente sejam constrangidas por uma série de processos biológicos, desenvolvem-se à medida que os indivíduos se adaptam e ajustam, de forma ativa, pessoal e coletivamente, ao contexto sociocultural, incluindo seus valores, práticas, histórias, padrões de interação, demografia, clima, economia e estrutura social (Dias; Cruz; Fonseca, 2008, p. 23).

De acordo com os autores, parece correto dizer que as emoções fazem a intermediação entre o ser humano e o meio ambiente em que vive. O sujeito, ao desempenhar diferentes papéis sociais (filho, irmão, professor, doutorando, aluno, amigo, dentre outros) e em diferentes espaços de convivência, adapta-se às condições ambientais de cada contexto, considerando seus valores, padrões éticos e modos de interagir socialmente. Parece ser o sistema emocional do indivíduo que é capaz de promover essa interface sujeito-ambiente.

Damásio (2004) propõe a classificação das emoções em **três categorias**: 1) **Emoções de Fundo**; 2) **Emoções Primárias**; e 3) **Emoções Secundárias**. As **emoções de fundo** podem ser agradáveis ou desagradáveis e são facilmente identificadas em diferentes contextos; as **emoções primárias**, também denominadas de **emoções universais**, são aquelas facilmente identificadas em seres da mesma espécie e parecem estar relacionadas somente ao indivíduo em si como, por exemplo, a felicidade e o medo; e as **emoções secundárias**, também conhecidas como **emoções sociais**, são aquelas atreladas à sociedade e à cultura como, por exemplo, a vergonha, a simpatia, o orgulho e a culpa.

Harris (1996) apresenta outra possibilidade de classificação das emoções. Para ele, as emoções podem ser **simples** ou **complexas**. A diferença está no fato da **emoção apresentar ou não uma expressão facial associada**. As emoções **simples** são aquelas em que há relação entre a expressão facial do indivíduo e aquilo que ele está sentindo como, por exemplo, o susto e a tristeza. Já as emoções **complexas** não teriam essa associação da emoção com algum tipo de expressão facial visível como, por exemplo, o orgulho e a culpa. Logo, as emoções complexas são mais difíceis de serem reconhecidas.

O mesmo autor ainda classifica as emoções considerando um segundo critério: o **sentimento provocado por diferentes situações**. Assim, considerando este critério, as emoções podem ser: 1) **positivas**, originadas de situações agradáveis; 2) **negativas**, oriundas de eventos desagradáveis; e 3) **mistas**, que envolvem a ambivalência de emoções positivas e negativas dentro de uma mesma situação. O autor explica que uma criança, ao ganhar uma bicicleta que a deixa feliz, pode despertar uma emoção positiva, mas, ao mesmo tempo, pode despertar uma emoção negativa, caso a criança não saiba andar de bicicleta. Configura-se, assim, a existência de uma emoção mista (Harris, 1996).

Tanto emoções positivas quanto emoções negativas têm impacto direto na aprendizagem: “[...] devemos compreender que a aprendizagem é engrandecida pela emoção, pela motivação, pela curiosidade e pelo desafio, mas é também inibida pela ameaça, pela angústia, pela tensão e pelo medo” (Fonseca, 2016, p. 378). Para Alvarez e Lemos (2006, p. 184), a motivação não somente do estudante, mas também do professor “são fundamentais para que se garanta uma aprendizagem ágil e eficiente”.

Roazzi *et al.* (2011) explicam que a **idade é um fator relevante** para o aprimoramento da forma como as emoções são vivenciadas pelos sujeitos. No estudo realizado pelos pesquisadores, observou-se que, à medida em que há desenvolvimento cronológico da criança, ela **diminui a quantidade de relações com acontecimentos positivos**, suas emoções se tornam mais refinadas e ela consegue nominá-las de forma mais convicta. Até os doze anos de idade, as crianças geralmente não explicam as emoções mistas. Os autores ainda chamam atenção para o fato de que as emoções estão intimamente relacionadas às **experiências pessoais** e são **metacognitivas**, ou seja, quando o sujeito reflete sobre as suas emoções é possível agir melhor sobre elas.

Na pesquisa empreendida por Roazzi *et al.* (2011), em geral, os participantes de sete a doze anos definiram suas emoções em torno das seguintes categorias: **acontecimentos positivos** (quando conhece uma pessoa que queria muito), **acontecimentos negativos** (uma briga), **associação de sentimentos** (algo que pode ser bom ou ruim), **reações fisiológicas** (quando a gente tem um arrepio ou começa a chorar), **interação social** (quando acontece alguma coisa com um amigo) e **vínculos afetivos** (quando a pessoa perde a mãe). Para Fonseca (2016), as **emoções são adaptativas**. Para o autor, elas **orientam o comportamento e oferecem informações sobre os estímulos exteriores** referentes às situações que os indivíduos estão sujeitos. Quando alguém apresenta estresse, isso pode significar que não houve uma adaptação adequada ao ambiente, e que os eventos ou tarefas aos quais alguém foi submetido excederam a sua

capacidade (muitos estímulos exteriores), resultando em comportamentos inadequados. Faz-se necessário **regular as emoções**, pois carências ou excessos emocionais podem perturbar essa necessária adaptação do sujeito ao ambiente. De maneira geral, os seres humanos tendem a realizar atividades que **proporcionam prazer e bem-estar**, adaptando-se a ambientes onde essas situações são mais frequentes. A sala de aula pode ser um desses ambientes, por exemplo. Para Fonseca (2016):

Sem uma adequada regulação emocional nenhuma competência cognitiva superior ou racional, como aprender a tocar violino ou aprender a ler e escrever, pode ser construída e produzida em termos comportamentais com fluência e expressividade (Fonseca, 2016, p. 371).

Fonseca (2016) defende exaustivamente que **a emoção está intimamente relacionada à aprendizagem**. Situações emocionais positivas auxiliam as funções cognitivas, as funções executivas e a consolidação de memórias. Em contrapartida, situações emocionais negativas, tais como a ameaça e a insegurança, podem provocar um bloqueio de funções cognitivas superiores (retenção, tomada de decisão, execução, dentre outras) e o processo de aprendizagem fica comprometido. A **emoção** está sujeita a uma **avaliação subjetiva do sujeito** que a exprime em função de **questões biológicas individuais, suas expectativas, experiências passadas e crenças culturais**.

De acordo com Fonseca (2016):

As emoções guiam e suportam as funções atencionais, e estas guiam as funções cognitivas de processamento perceptivo, simbólico e lógico, assim como as funções executivas de resolução de problemas. As emoções capturam a atenção e ajudam a memória, tornando-as mais relevantes e claras, a sua ativação ou excitação somática desencadeia vínculos que fortalecem as funções cognitivas, ao contrário do que se pensava no passado (Fonseca, 2016, p. 368).

Percebe-se, portanto, a importância de se promover, especialmente em situações de sala de aula, **emoções positivas**, na medida em que elas não são somente responsáveis por auxiliar, mas **são integrantes de distintos processos envolvidos na aprendizagem**, tais como a **atenção** (independentemente do tipo utilizado), **as funções executivas** (bom planejamento e execução de ações) e a **memória** (seja ela de qualquer tipo, conforme classificação já exposta no presente estudo). Para Fonseca (2016, p. 369), “a cognição sem emoção não é possível de conceber-se [...]”. Para o referido autor, são necessários **três elementos** para a ocorrência da aprendizagem: 1) **atenção**; 2) **motivação**; e 3)

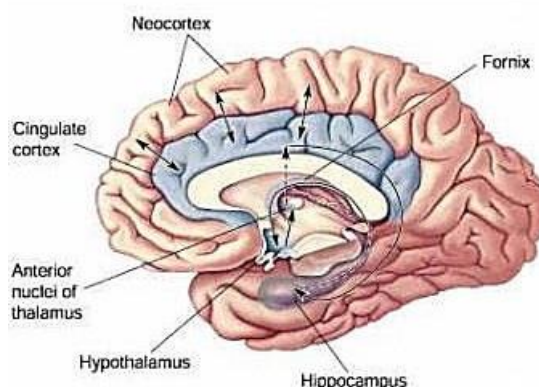
envolvimento cognitivo. O mesmo autor ainda explica que “a aprendizagem com sucesso implica três componentes em interação sistêmica: a regulação emocional, o conhecimento consciente e as estratégias cognitivas” (Fonseca, 2016, p. 374).

Além dos elementos de natureza individual, as emoções assumem papel fundamental nas **interações sociais** (Davis; Silva; Esposito, 1989). Fonseca (2016) expõe o conceito de **interação emocional compartilhada**, referindo-se ao fato de que a aprendizagem não é um ato isolado, mas fica potencializada ao ocorrer com o auxílio de um professor, figura mais experiente no processo. Para o autor:

A aprendizagem eficiente e com sucesso, em síntese, incorpora a emoção na cognição, isto é, incorpora funções emocionais nos processos de aquisição de novas competências e de novos conhecimentos. As aprendizagens complexas não podem excluir as emoções, pelo contrário, envolvem a cultura e o aprofundamento de estados emocionais habilidosos e engenhosos (Fonseca, 2016, p. 374).

Anatomicamente, as emoções estão relacionadas ao **Sistema Límbico**, sobretudo ao **Circuito de Papez** (Carvalho, 2011; Fonseca, 2016). Nota-se que há estreita ligação da aprendizagem com as emoções quando há um significativo aumento do sentimento de satisfação ao relacionar uma informação nova com algo já preexistente na memória. Há a liberação de substâncias neurotransmissoras como a dopamina e a acetilcolina que provocam tal sensação (Carvalho, 2011). Alvarez e Lemos (2006) explicam que a acetilcolina é um neurotransmissor vital para a aprendizagem, sendo considerado o mais importante para o correto desempenho das funções cognitivas. Para as autoras, baixos níveis de acetilcolina desencadeiam a falta de concentração e problemas de memória.

Figura 4 – Circuito de Papez.



Fonte: Disponível em: <http://www.edumed.org.br/cursos/neuroanatomia/prova/circuito.htm>. Acesso em 01/10/20.

Na Figura 4, há uma **representação gráfica das estruturas do Circuito de Papez**, sistema envolvido nas emoções, de acordo com as investigações do neurologista americano James Papez (Bear; Connors; Paradiso, 2008). As estruturas envolvidas são: a amígdala, o córtex cingulado, o hipocampo, hipotálamo, fórnix e tálamo. Pelos estudos empreendidos pelos pesquisadores, parece que o processo emocional se inicia no córtex cingulado, segue para o hipocampo e, a partir de um feixe de axônios chamado fórnix, há projeção para o hipotálamo. Os efeitos do hipotálamo atingem novamente o córtex e o processo é retransmitido por meio de núcleos anteriores do tálamo (Bear; Connors; Paradiso, 2008). Indivíduos com alguma anomalia no lobo temporal, local onde ficam algumas estruturas responsáveis pela emoção como a amígdala, o hipotálamo e o hipocampo, acabam por apresentar mudanças drásticas de comportamento.

A **amígdala** é a estrutura que tem recebido maior atenção em pesquisas no que se refere às emoções. Ela apresenta três estruturas principais: 1) **núcleos basolaterais**; 2) **núcleos corticomediais**; 3) **núcleo central**. Todos os sistemas sensoriais, embora distintos, apresentam algum tipo de comunicação com a amígdala. Dentro da própria estrutura, há integração dessas informações provenientes de diferentes sistemas sensoriais. Em estudos experimentais com o uso de ressonância magnética, verificou-se que a remoção da amígdala reduz a expressão e reconhecimento do medo. Por outro lado, a sua estimulação leva ao **medo** e à **ansiedade** (Bear; Connors; Paradiso, 2008).

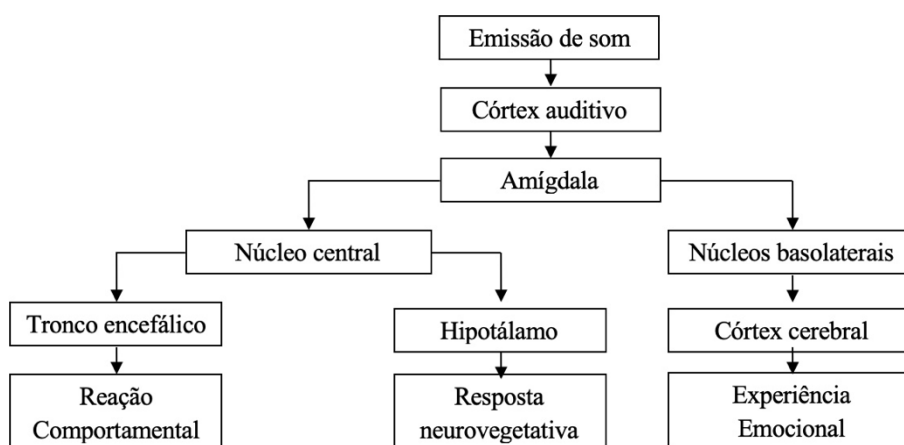
Embora essa estrutura não esteja diretamente relacionada à formação de memórias, ela tem alguma relação **com a formação de memórias emocionais**. Memórias emocionais podem ser formadas rapidamente e durarem bastante tempo. Estudos experimentais, tanto em animais quanto em humanos, revelaram que a amígdala é mais ativada quando os indivíduos são expostos a situações que já haviam gerado medo anteriormente. No experimento, os indivíduos ouviam dois sons distintos associados à ausência ou presença de pequenos choques. Ao ouvirem o som associado ao choque, mesmo que esse não se efetivasse, havia maior ativação da amígdala (Bear; Connors; Paradiso, 2008).

Ao ouvir determinado som associado a alguma memória emocional, há estímulo do córtex auditivo. Por sua vez, este envia a informações aos núcleos basolaterais da amígdala. Todas essas informações chegam ao núcleo central desse órgão. Daí, decorrem três situações: 1) Respostas neurovegetativas (como o suor e aumento da frequência cardíaca), sendo uma resposta do hipotálamo; 2) Uma ou mais reações comportamentais,

como uma resposta da substância cinzenta periaquedutal, situada no tronco encefálico; e 3) Uma experiência emocional, como uma resposta do córtex cerebral (Bear; Connors; Paradiso, 2008).

De forma diagramada, temos a seguinte organização no Esquema 8:

Esquema 8 – A emoção a partir de estímulo sonoro.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024) a partir de Bear, Connors e Paradiso (2008).

A **amígdala** não está envolvida apenas com as emoções relacionadas ao medo e à ansiedade. A atividade desta estrutura também está relacionada à **agressividade**. Embora não se recomende a sua utilização, há procedimento cirúrgico para a remoção parcial ou total da amígdala, visando redução do comportamento agressivo, aumento da capacidade de concentração e diminuição da hiperatividade. Por outro lado, não se pode esquecer que, na medida em que é uma estrutura primordial para a expressão de emoções, a sua retirada pode produzir um ser humano desprovido da expressão de sentimento, o que pode não ser desejável. Além disso, a diminuição nos níveis do neurotransmissor serotonina também leva ao aumento do comportamento agressivo (Bear; Connors; Paradiso, 2008).

A seguir, apresenta-se o quadro resumo (Quadro 10) com as principais ideias desta seção teórica. O objetivo é sintetizar as ideias apresentadas e facilitar a compreensão do leitor:

Quadro 10 – Quadro síntese da seção 4.1.6 – Emoção.

QUADRO SÍNTESE DA SEÇÃO 4.1.6 → EMOÇÃO	
GERAL	
• O estudo das emoções é relativamente novo, datando da década de sessenta (1970); • É um conceito amplo, complexo, multifacetado, de difícil definição, tanto do ponto de vista do significado da palavra como dos sentidos atribuídos a ela na comunidade acadêmica, não havendo uma Teoria das Emoções universalmente aceita; • As emoções são responsáveis por fazer a interface entre o interior do indivíduo e o ambiente que o circunda; • A vertente Comportamentalista era desfavorável ao estudo das emoções por estas não possuírem aspectos observáveis. Para defensores dessa corrente, somente poderia ser estudado algo que pudesse ser observado; • O aspecto subjetivo das emoções é considerado um constrangimento ao seu estudo; • A emoção envolve o organismo como um todo; • As emoções são metacognitivas, ou seja, é possível agir melhor sobre elas quando o sujeito reflete sobre as mesmas; • Com o avanço da idade, aumentam as chances de o indivíduo saber explicar suas emoções; • As emoções de um indivíduo sofrem alterações ao longo de toda a vida; • Existe a denominada emoção inconsciente que é a apresentação de reações fisiológicas independentemente de estímulos sensoriais em virtude de experiências anteriores; • Afeto, emoção e estado de humor são conceitos distintos, embora, muitas vezes, sejam utilizados como sinônimos. Eles diferem em aspectos quantitativos (tempo de duração e persistência) e qualitativos (clareza e intensidade); • As emoções têm relação direta com os objetivos do indivíduo; • Geralmente, as emoções são precedidas por eventos e contextos reconhecíveis, ou seja, o sujeito sabe o que provocou tal emoção; • As emoções são adaptativas, ou seja, podem moldar o comportamento ou oferecer informações sobre estímulos exteriores.	
TEORIA 1	
• Teoria James-Lange: nesta teoria, a emoção é considerada uma resposta a determinada reação fisiológica. Por exemplo: sentimos tristeza porque choramos.	
TEORIA 2	
• Teoria Cannon-Bard: nesta teoria, a experiência emocional pode ocorrer independentemente de uma expressão emocional. Por exemplo: pode-se estar triste e não chorar.	
VERTENTE FILOGENÉTICA	
• Existem mecanismos relacionados às emoções que são universais e herdados pelas espécies como, por exemplo, as respostas fisiológicas e as expressões faciais.	
VERTENTE ONTOGENÉTICA	
• Para esta vertente, há variações nas emoções e estas dependem de contextos socioculturais, bem como da experiência de cada indivíduo.	
ELEMENTOS DE UMA EMOÇÃO	
• Reações fisiológicas: ao sentir uma emoção como, por exemplo, o medo, pode haver aumento da frequência cardíaca, sudorese, entre outras reações do organismo; • Tendências para a ação: diz respeito a comportamentos, atitudes e ações do sujeito. Tende-se a repetir eventos agradáveis e evitar acontecimentos desagradáveis; • Experiência subjetiva da emoção: é necessário considerar o contexto em que as emoções foram geradas bem como as crenças subjacente a estas emoções;	

Observação: para ser enquadrada como emoção, não é obrigatório apresentar todos os elementos supracitados.
ELEMENTOS QUE PODEM OCULTAR UMA EMOÇÃO
• Ocultada pelo próprio sujeito: o indivíduo pode, por vontade própria, inibir alguma emoção; • Regras sociais estabelecidas: o sujeito pode ocultar comportamentos por estes não serem socialmente aceitos como, por exemplo, gritar no meio da rua ao se assustar; • Ação pode não ser evidente: na sensação de alívio, por exemplo, o relaxamento muscular pode não ficar evidente; • Distorção das emoções: pela incapacidade ou impossibilidade do indivíduo explicar as próprias emoções.
CLASSIFICAÇÃO 1
• Emoções de Fundo: podem ser agradáveis ou desagradáveis e são facilmente identificadas em diferentes contextos; • Emoções Primárias (universais): são facilmente identificadas em seres da mesma espécie e parecem estar relacionadas somente ao indivíduo em si como, por exemplo, a felicidade ou o medo; • Emoções Secundárias (sociais): atreladas à sociedade ou à cultura como, por exemplo, a vergonha.
CLASSIFICAÇÃO 2
• Emoções Simples: é aquela em que há uma expressão facial associada; • Emoções Complexas: é aquela em que não há uma expressão facial associada.
CLASSIFICAÇÃO 3
• Positivas: desencadeiam uma sensação agradável; • Negativas: desencadeiam uma sensação desagradável; • Mistas: há ambivalência de sensações, desencadeando sentimentos agradáveis e desagradáveis, de forma simultânea.
ANATOMIA E FISIOLOGIA DAS EMOÇÕES
• Circuito de Papez: a amígdala (núcleo basolaterais, núcleos corticomediais e núcleo central), o córtex cingulado, o hipocampo, hipotálamo, fornix e tálamo; • Lobo temporal é a região cerebral mais envolvida.
RELAÇÃO DAS EMOÇÕES COM A APRENDIZAGEM
• A aprendizagem pode ser alavancada por emoções positivas; • A aprendizagem pode ser inibida por emoções negativas; • Até os doze anos de idade, os adolescentes têm dificuldade de explicar emoções mistas; • Os seres humanos tendem a se adaptar a ambientes que provocam sensações agradáveis. Neste sentido, a sala de aula pode ser este ambiente que provoca sensações de prazer e bem-estar; • Para que a aprendizagem aconteça, é necessário que haja regulação emocional adequada; • Emoções positivas podem fortalecer diferentes processos envolvidos na aprendizagem, tais como: a atenção, as funções executivas e a memória; • A aprendizagem pressupõe a integração de três elementos, quais sejam: a regulação emocional, o conhecimento consciente e as estratégias cognitivas; • As emoções possuem papel fundamental nas interações sociais, tanto com professor como com os pares; • A acetilcolina é um dos hormônios mais importantes com relação ao correto desempenho das funções cognitivas.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Realizada a fundamentação teórica desta tese, no que concerne aos aspectos da Neurociência que se supõe serem os necessários para a aprendizagem, a próxima seção situará o suporte epistemológico da tese. Nesta pesquisa, será dada ênfase à chamada Neurociência Cognitiva, cujo foco está relacionado ao processo de aprendizagem e, conseqüentemente, aos atributos relacionados a ela, tais como a atenção, a memória, a motivação e a emoção.

4.2 ENSINO DE MATEMÁTICA: FUNDAMENTOS EPISTEMOLÓGICOS

A qualidade do ensino de Matemática na Educação Básica no Brasil está bastante aquém do esperado, de acordo com pesquisa realizada por Lima *et al.* (2020). Na pesquisa exploratória desenvolvida, o objetivo foi verificar qual o contexto global dos estudantes brasileiros no desempenho em relação à Matemática nas edições do Programa Internacional de Avaliação dos Estudantes (PISA), principal parâmetro para a avaliação educacional em grande escala no cenário internacional, que ocorreram no período de 2000 a 2018.

O PISA é uma avaliação em larga escala que possui a participação de diversos países, tendo como objetivo “avaliar as habilidades e competências necessárias ao final da sua escolarização básica, verificando o nível de preparação dos jovens para o mundo contemporâneo e a eficiência dos sistemas educacionais de ensino” (Lima *et al.*, 2020, p. 6). Para os autores, as avaliações em larga escala buscam informar o nível de conhecimento das sociedades envolvidas sobre um determinado assunto como, por exemplo, a Matemática, e seus resultados podem permitir a implantação de políticas governamentais mais assertivas para melhorar a qualidade da educação no país. Especificamente no caso do PISA, a principal finalidade dessa avaliação em larga escala é “[...] gerar resultados que viabilizem um debate em prol da situação da qualidade da educação empregada nos países envolvidos, de modo a contribuir para a implementação de políticas públicas de mudança na educação” (Lima *et al.*, 2020, p. 9).

A referida avaliação ocorre a cada três anos e as esferas de conhecimento avaliadas são Ciências, Leitura e Matemática, sendo que a cada edição dá-se ênfase a uma das esferas. Em Matemática, os anos de destaque foram 2003 e 2012. Na mesma avaliação, existem, ainda, os chamados domínios inovadores como, por exemplo, o Letramento Financeiro e a Competência Global, com o objetivo de avaliar outras competências para além das três áreas principais.

Além das questões teóricas referentes a cada área avaliada, o PISA é composto por um questionário contextual. Ele é direcionado a estudantes, professores, pais e gestores de escola. Considerando os estudantes, o formulário visa obter informações a respeito de suas práticas de estudo, incentivos e interesses e seu nível cultural e socioeconômico. Com relação ao questionário direcionado aos professores, a primeira aplicação ocorreu em 2015 e procurou coletar informações a respeito “[...] de suas aptidões profissionais, práticas de ensino, espaços para aprendizagem, capacidades para liderar e gestão escolar” (Lima *et al.*, 2020, p. 12). A partir desse conjunto de informações, parece plausível supor que esta avaliação pode servir, de forma positiva, para a compreensão dos fundamentos epistemológicos que baseiam a ação docente, a modificação de currículos de formação inicial e continuada de professores e, por consequência, provocar mudanças no pensar e no agir dos professores envolvidos.

Lima *et al.* (2020) apontam algumas vantagens de utilização do PISA para avaliar a educação dos países envolvidos, tais como: o livre acesso à informação; a possibilidade de comparar resultados entre países que possuem características semelhantes; e o fato da avaliação levar em consideração o contexto de produção dos seus dados (diversidade cultural, diversidade social, disparidade econômica, localização geográfica, constituição histórica, dentre outros). Essa contextualização é relevante e influencia nos resultados obtidos, uma vez que o Brasil tem extensão continental e “[...] apresenta uma grande desigualdade entre as regiões e a ocorrência de distorção idade-série ainda é acentuada” (Lima *et al.*, 2020, p. 16).

A concepção epistemológica engendrada na prática profissional de cada professor é balizadora das diferentes Tendências em Educação Matemática que pode vir a utilizar no planejamento das aulas (Jogos, História da Matemática, Modelagem Matemática, Etnomatemática, Resolução de Problemas, dentre outras) e inspiradora de recursos e estratégias de ensino em sala de aula de Matemática para a atuação docente. Uma proposta para o ensino de Matemática em cursos superiores, utilizando a aprendizagem baseada em equipes, é um exemplo de estratégia que pode ser utilizada conforme apresentado por Costa e Lima (2019).

Becker (2001) aponta três vertentes epistemológicas, ou teorias do conhecimento, que explicariam a maneira pela qual o docente compreende a forma com que o estudante adquire conhecimentos. São elas: 1) **Apriorismo**, também denominado Inatismo; 2) **Empirismo**; e 3) **Construtivismo**. A seguir, explica-se, brevemente, o que cada uma significa, bem como as atitudes do professor e do aluno diante de cada uma delas.

Na vertente epistemológica do **Apriorismo**, como próprio nome sugere – *a priori* – o conhecimento está associado à herança genética e o sujeito já nasce com ele. Os defensores desta corrente epistemológica acreditam que o conhecimento está “guardado” dentro do sujeito desde o nascimento. Sendo assim, independente das experiências dos sujeitos, das práticas pedagógicas adotadas pelos professores e da sua interação com o meio, o estudante vai “adquirir” conhecimento, pois este já se encontra dentro dele. Com o passar do tempo e com o desenvolvimento corporal do sujeito, o conhecimento vai “florescer” quando o indivíduo estiver na devida fase temporal para que isso ocorra. Portanto, tanto a atitude do aluno como a do professor, nesse contexto, é passiva. Na medida em que basta o aluno alcançar determinada fase de desenvolvimento para o conhecimento emergir, os recursos e as estratégias de ensino do docente e qualquer ação do estudante parecem não fazer diferença para o avanço do conhecimento.

Defensores da corrente epistemológica denominada de **Empirismo** acreditam que é possível “transmitir” o conhecimento aos indivíduos. É a partir da explicação do professor – e somente dela – que o sujeito vai aprender. O professor é o detentor do conhecimento e só ele é capaz de transmitir e de ensinar o conhecimento ao aluno. Nesta perspectiva, o professor é, hierarquicamente, superior ao aluno e não pode aprender com ele. O aluno, por sua vez, é tábula rasa, sem qualquer conhecimento prévio ao ensino ministrado pelo professor. Durante a aula, mantém uma postura passiva, de escuta, de cópia e de reprodução em uma prova. Em uma sala de aula contemplada por este viés epistemológico, não há espaço para dúvidas ou descobertas. O conhecimento é tido como acabado.

Por fim, a epistemologia de viés **Construtivista** defende que a aquisição do conhecimento pelo sujeito se dá pela interação dele com o objeto do conhecimento. Assim, o conhecimento não “nasceria” com o sujeito, nem mesmo seria possível impor o conhecimento ao estudante. Em uma sala de aula permeada por essa visão epistemológica, o professor é visto como um mediador da aprendizagem e não como um superior hierárquico. Ao docente, não cabe o papel de transmissão, mas de criar situações em que o aluno seja desafiado, na medida certa, a passar de um patamar menos complexo para um mais complexo de conhecimento. Essa passagem é feita por meio de um desequilíbrio - diante daquilo que o aluno ainda não sabe – e uma sucessiva acomodação, para que o novo conhecimento seja atrelado aos conhecimentos do sujeito, levando-o a um novo patamar. Ainda neste contexto, o aluno é um indivíduo ativo que pode criar hipóteses, ter dúvidas, fazer perguntas, procurar respostas, acompanhado ou não de seu professor. O

Construtivismo inspira e sustenta algumas opções didáticas como, por exemplo, a Aprendizagem Baseada em Equipes, que faz parte de um conjunto das chamadas metodologias ativas, conforme apontado por Costa e Lima (2019)⁶.

Ao contrário do Empirismo,

aprender não é copiar ou reproduzir a realidade. Para a concepção construtivista, aprendemos quando somos capazes de elaborar uma representação pessoal sobre um objeto da realidade ou conteúdo que pretendemos aprender” (Solé; Coll, 1996, p. 19).

Assim, aprender pressupõe uma elaboração autoral por parte do sujeito que aprende. Ele fará isso a partir de seus conhecimentos prévios, experiências anteriores e interesses. Na medida em que essas características - experiências, conhecimentos prévios e interesses - são diferentes de um estudante para outro, é plausível supor que o conhecimento elaborado por cada indivíduo será único, com diferentes graus de aprofundamento e complexidade.

Os mesmos autores explicam que “[...] assume-se que na escola os alunos aprendem e se desenvolvem na medida em que podem construir significados adequados em torno de conteúdos que configuram o currículo escolar” (Solé; Coll, 1996, p. 24). Portanto, considerar aquilo que o estudante já conhece para então colocá-lo diante de uma nova situação seria condição *sine qua non* para um salto qualitativo na aprendizagem e para a complexificação daquilo que o estudante conhece. Pensar o que é significativo para um estudante é uma tarefa complexa para o professor, visto que isso depende da realidade e do contexto em que os alunos vivem, da conjuntura na qual a escola está inserida e em que nível o professor consegue perceber e penetrar nessa realidade. Refletir até que ponto o professor consegue, de fato, perceber esse contexto e oferecer temas significativos é ponto crucial para se trabalhar na perspectiva Construtivista. De acordo com Maurí (1996):

O grau de elaboração do significado será determinado pela qualidade, diferenciação e coordenação de esquemas de conhecimentos que possuímos e por sua relevância e pertinência para estabelecer vínculos com a nova informação apresentada (Maurí, 1996, p. 97).

⁶ COSTA, J. F. S. da; LIMA, V. M. R. **A aprendizagem baseada em equipes para o ensino de matemática em cursos superiores**. In: Anais VI CONEDU... Campina Grande: Realize Editora, 2019. p. 1-10.

Outros aspectos que diferenciam o Construtivismo das outras correntes epistemológicas são as atitudes e a posição ocupada pelo professor e pelos estudantes. Na concepção Empirista, o professor é visto como hierarquicamente superior ao aluno, detém o conhecimento e a sua função é a de transferência. Na corrente Construtivista, o professor é compreendido como alguém que está ao lado do aluno no processo, como um mediador das situações de ensino, o que provoca aproximação entre os atores que participam do processo educativo. De acordo com Solé (1996, p. 42), “[...] os fatores afetivos são fundamentais: a disponibilidade mostrada aos alunos; o respeito e o afeto a eles transmitidos; a capacidade de se mostrar acolhedor e positivo [...]”.

O professor está ao lado do estudante para ajudá-lo a buscar informações e agregar conhecimento àquilo que o estudante já conhece. A interação entre professores e alunos é necessária, diferentemente das outras concepções epistemológicas vistas anteriormente. De acordo com Solé (1996, p. 39):

[...] tudo isso ocorre durante as interações estabelecidas em aula, em torno das tarefas cotidianas entre alunos e entre os alunos e o professor; e durante essas interações é que se constrói a motivação intrínseca, que não é uma característica do aluno, mas da situação de ensino/aprendizagem e afeta a todos os seus protagonistas.

A motivação está associada à disponibilidade para a aprendizagem (Miras, 1996). Na perspectiva epistemológica em foco, a disponibilidade do estudante para a aprendizagem é essencial. Para que o indivíduo esteja disponível a isso, é preciso que ele enxergue sentido em suas ações. Sobre isso, Solé (1996, p. 34) explica que:

[...] a intenção dos alunos é compreender o significado do que estudam, o que leva a relacionar seu conteúdo com conhecimentos prévios, com a experiência pessoal ou outros temas, avaliar o que vai sendo realizado e perseverar até conseguir um grau aceitável de compreensão.

Para a autora, à medida que o estudante vai conseguindo relacionar seus conhecimentos prévios e suas experiências aos novos conhecimentos, a compreensão dos motivos pelos quais o conhecimento em voga é necessário fica mais evidente e o indivíduo parece disponibilizar-se de maneira mais aberta para o aprendizado. Ao perceber o sentido de determinada tarefa, é possível supor que o estudante ficará mais envolvido com a aula. Para tanto, a atividade deve ser atraente e necessária. Para Solé (1996, p. 50-51) é primordial atribuir o sentido, promovendo atividades atraentes, quando explica que para “[...] envolver-nos realmente em uma tarefa, ela deve parecer atraente,

deve nos interessar, devemos poder perceber que ela preenche uma necessidade; essa necessidade pode funcionar como motor da ação”. A autora enfatiza que não somente o que é apresentado para o aluno, mas a forma como se faz pode ser crucial para despertar o interesse e promover a disponibilidade que o professor almeja. Uma das formas que podem ser utilizadas para a apresentação de novas propostas, que tem como substrato epistemológico o Construtivismo, são os projetos de trabalho (Hernandez, 1998), uma vez que a proposição do tema de um projeto pode se dar pelos próprios integrantes de determinada turma.

Além dos aspectos já mencionados que podem interferir na disponibilidade para a aprendizagem, segundo Solé (1996, p. 59):

[...] o grau de equilíbrio pessoal do aluno, sua auto-imagem e auto-estima, suas experiências anteriores de aprendizagem, sua capacidade de assumir riscos e esforços, de pedir, dar e receber ajuda [...] são aspectos influenciadores para alavancar o desejo e a disponibilidade em aprender.

Em pontos anteriores deste texto, já existem comentários acerca da defesa da necessidade de se considerar os conhecimentos prévios dos estudantes para alavancar e complexificar novos conhecimentos. Para Miras (1996, p. 58):

As mentes dos nossos alunos estão bem longe de parecerem lousas limpas, e a concepção construtivista assume esse fato como um elemento central na explicação dos processos de aprendizagem e ensino na sala de aula. [...] O aluno constrói pessoalmente um significado, com base nos significados que pôde construir previamente. Justamente, graças a esta base, é possível continuar aprendendo, continuar construindo novos significados.

Ainda que possam não ser conhecimentos escolares legitimados, é inegável que todos nós, mesmo expostos a situações que não sejam institucionalizadas pela escola, aprendemos desde o nascimento. Em uma escola de periferia, por exemplo, é provável que muitos conhecimentos prévios dos estudantes sejam decorrentes de suas vivências com familiares e amigos que convivem naquele espaço. Essa bagagem não deve ser desconsiderada, sob pena de desmotivar o aluno e, conseqüentemente, levá-lo à indisponibilidade para o aprendizado. Os conhecimentos prévios não dizem respeito somente aos conhecimentos de determinado conteúdo, mas também a determinadas habilidades e destreza de ações que os estudantes apresentam, tais como: desenvolvimento da linguagem oral e escrita, representação numérica, sublinhar, anotar, resumir, pesquisar, ler, dentre outras (Miras, 1996).

Munidos dos conhecimentos prévios, os alunos podem constituir esquemas. Experiências diversificadas podem promover a elaboração de diferentes esquemas e enriquecer ainda mais o repertório deles, o que pode facilitar a aprendizagem de novos conceitos. A riqueza de esquemas de um sujeito não depende somente da quantidade de informações que fazem parte deles, mas de como essas estão organizadas e associadas umas às outras. Diferentes estudantes podem ter tido acesso às mesmas informações, porém o conhecimento de um pode ser mais aprofundado do que de outro em função dos esquemas prévios que eles possuem e da forma como esses irão se integrar aos esquemas pré-existentes.

Miras (1996, p. 60-61) é enfática ao explicar a importância fundamental dos conhecimentos prévios dos estudantes. Para ela:

[...] a atividade mental construtiva não pode ser realizada no vácuo, partindo do nada. A possibilidade de construir um novo significado, de assimilar um novo conteúdo, em suma, a possibilidade de aprender, passa necessariamente pela possibilidade de entrar em contato com um novo conhecimento.

Em geral, o professor faz uma atividade de sondagem em que contempla conteúdos que considera serem pré-requisitos para o novo aprendizado. A escolha de tópicos a serem explorados nesta atividade inicial depende da experiência docente e dos objetivos que o professor possui. Além disso, para a sondagem, o professor pode fazer o uso de diferentes recursos e estratégias como, por exemplo, jogos (Jelinek, 2005). Existem jogos de diferentes tipos e finalidades, o que propicia a adaptação deste recurso por parte do professor para avaliar conhecimentos prévios dos estudantes.

Para Mauri (1996), há três possibilidades de conceber a aprendizagem de conteúdos escolares pelos estudantes, quais sejam: 1) apenas conseguir conhecer as respostas corretas de perguntas formuladas pelo professor; 2) conhecer, por meio do ensino ministrado pelo professor, os conhecimentos legitimados por uma cultura; e 3) construir conhecimento por meio de elaboração pessoal. No primeiro caso, a aprendizagem está associada à memorização de respostas adequadas às perguntas formuladas pelo professor. Nesse entendimento, o reforço mecânico para decorar respostas é suficiente para fazer o estudante aprender. Muitas vezes, este retorno do aluno está associado ao prêmio ou castigo, dependendo da resposta esperada pelo professor. A aprendizagem adequada é aquela que reproduz fielmente o conteúdo. Este modo de aprendizagem está associado à concepção empirista. No segundo caso exposto, os

estudantes são vistos como processadores de informações. Ainda dentro de uma concepção empirista, a aprendizagem consiste em reproduzir a informação que chega do professor, sem mudanças. Por último, há a visão de construção do conhecimento, visão esta defendida nesta tese.

A aprendizagem é vista como uma elaboração pessoal a partir de seus conhecimentos prévios. Não está em jogo a quantidade de informação retida na memória do indivíduo, mas a qualidade daquilo que sabe e a sua competência para utilizar tais conhecimentos para resolver situações e continuar aprendendo. O professor é visto como participante ativo do processo e vai promover o contexto necessário para o desenvolvimento de tais capacidades. O estudante, nessa perspectiva de construção do conhecimento, pode aprender com os colegas, e a atividade de aprender não é solitária e individual como nos outros dois casos (Mauri, 1996).

Ao apresentar de maneira breve algumas características da concepção epistemológica construtivista, afirma-se que, nesta tese, esta será a abordagem escolhida como sendo a ideal para tratar do ensino de Matemática. Essa vertente epistemológica será considerada para a análise do *corpus* em seção específica ao longo do texto.

A seguir, apresenta-se o quadro resumo (Quadro 11) com as principais ideias dessa seção teórica:

Quadro 11 – Quadro síntese da seção 4.2 – Fundamentos Epistemológicos.

QUADRO SÍNTESE DA SEÇÃO 4.2 → FUNDAMENTOS EPISTEMOLÓGICOS	
APRIORISMO	
• Também denominado Inatismo; • O conhecimento está dado <i>a priori</i>, ou seja, o sujeito já nasce com ele; • Está relacionado à herança genética; • A aquisição do conhecimento independe das experiências e das práticas pedagógicas; • Atitude passiva do estudante e do professor.	
EMPIRISMO	
• Acredita-se que é possível transmitir conhecimento; • A sala de aula é baseada na explicação do docente; • O professor é detentor do conhecimento; • Professor é hierarquicamente superior ao aluno; • O aluno é tábula rasa, sem qualquer conhecimento prévio; • O aluno deve manter atitude passiva de escuta, cópia e reprodução; • Não há espaço para dúvidas em uma sala de aula de viés empirista; • O conhecimento é tido como pronto e acabado.	
CONSTRUTIVISMO	
• O conhecimento se dá pela interação do sujeito com o objeto; • O professor é visto como mediador da aprendizagem e não um superior hierárquico;	

- O papel do professor é criar situações de aprendizagem, mediando-as;
- A passagem de um patamar menos complexo para um patamar mais complexo é feita por sucessivos desequilíbrios e acomodações;
- O aluno é ativo no processo, sendo possível criar hipóteses, ter dúvidas, fazer perguntas e procurar resposta com ou sem o auxílio do professor;
- Aprendemos quando conseguimos elaborar representações pessoais da realidade;
- O conhecimento elaborado por cada estudante é único com diferentes graus de profundidade, na medida em que ele é construído a partir das experiências e conhecimentos prévios de cada um;
- Necessária interação entre discente e docente;
- O Construtivismo pressupõe a disponibilidade do sujeito para aprender;
- O modo como o professor apresenta o conhecimento pode aumentar a disponibilidade do estudante para o aprendizado;
- Ênfase nos conhecimentos prévios do estudante.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

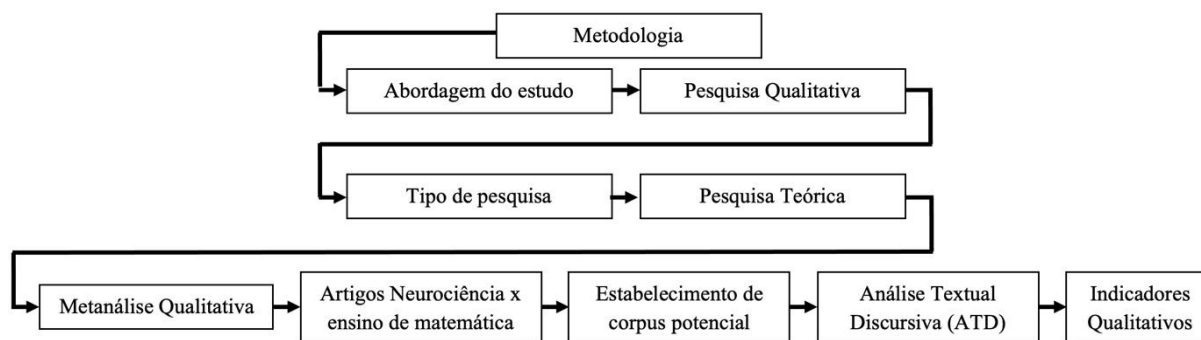
Após situar o leitor com relação aos fundamentos epistemológicos para o ensino de Matemática, apresentar-se-á os procedimentos metodológicos da pesquisa. Sendo assim, o próximo capítulo terá tal finalidade.

5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente capítulo tem por objetivo apresentar o percurso metodológico desta tese. Para tanto, apresenta a seguinte organização: a) a **abordagem do estudo** e suas principais características; b) o **tipo de pesquisa** que foi realizada; c) a **composição do percurso metodológico**, composto por duas partes: 1) a **metanálise qualitativa**, que visa produzir um levantamento de estudos nacionais e internacionais que relacionem Educação ou Ensino de Matemática com Neurociências; 2) a **construção de indicadores qualitativos**, a partir de estudos selecionados na etapa anterior, para avaliar elementos da Neurociência Cognitiva em aulas de Matemática no Ensino Fundamental; d) a **Análise Textual Discursiva (ATD)**, método que será utilizado para analisar as seções de discussão de dados e as considerações finais das produções escolhidas para a elaboração dos indicadores qualitativos; e) **considerações/síntese** acerca do caminho metodológico escolhido.

A organização da metodologia do estudo pode ser representada a partir do Esquema 9 a seguir:

Esquema 9 – Organização metodológica do estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

5.1 ABORDAGEM DO ESTUDO

Na literatura, estão listadas, basicamente, três abordagens de pesquisa, quais sejam: 1) **quantitativa**; 2) **qualitativa** (Günther, 2006; Bogdan; Bicklen, 2010; Flick, 2009; Silverman, 2009; Stake; 2016); e 3) **mista**. (Dal-Farra; Lopes, 2013). A última não se trata de uma nova abordagem, mas congrega as outras duas, sendo chamada também

de abordagem quali-quantitativa em função dessa característica. Neste estudo, em função dos objetivos delineados, optou-se pela abordagem qualitativa. Por esse motivo, durante esta seção do texto, serão delineadas características pertinentes somente a esta abordagem.

A pesquisa qualitativa é, relativamente, recente quando comparada à abordagem quantitativa. A abordagem quantitativa, também denominada de abordagem experimental, tenta explicar, especialmente, os fenômenos naturais, considerando causas e consequentes efeitos de tais eventos, alterando diferentes variáveis e verificando o que ocorre, esperando um comportamento linear quando estas se relacionam. Tal abordagem de pesquisa inspira-se em um paradigma denominado Positivista por indicar uma espécie de modelo ou esquema explicativo das coisas, inspirado nas ideias do filósofo Augusto Comte (Lüdke; André, 1986).

Com a evolução dos estudos na área educacional, ainda que se façam estudos de vertente quantitativa, dependendo dos objetivos da investigação, percebeu-se que:

[...] poucos fenômenos nessa área podem ser submetidos a esse tipo de abordagem analítica, pois em educação as coisas acontecem de maneira tão inextrincável que fica difícil isolar as variáveis envolvidas e mais ainda apontar claramente quais são as responsáveis por determinado efeito (Lüdke; André, 1986, p. 3).

Assim, a abordagem escolhida para esta investigação é a **qualitativa**. Escolheu-se essa abordagem visto que a pesquisa experimental, de viés quantitativo, não parece adequada para responder a questão de pesquisa proposta. O valor da pesquisa qualitativa “[...] está na habilidade de buscar, sistematicamente, respostas a perguntas que não são facilmente respondidas pela metodologia experimental” (Lopes; Fracolli, 2008, p. 773).

A realização de uma pesquisa com abordagem qualitativa é de difícil execução, por diferentes motivos. Para responder questões educacionais, em geral, se torna bastante inviável isolar variáveis. Além disso, uma pesquisa de vertente qualitativa pode assumir distintos desenhos metodológicos. Para pesquisadores, essa dificuldade existe pois “[...] a complexidade da pesquisa qualitativa advém do fato de não haver uma estratégia própria e única para a sua condução metodológica e interpretativa. Não há um paradigma ou teoria única que a caracterize” (Lopes; Fracolli, 2008, p. 773).

Muitos são os autores que se dedicam às características e aos modos de se fazer pesquisa qualitativa (Lüdke; André; 1986; Denzin; Lincoln, 2006; Flick, 2009; Silverman, 2009; Bogdan; Bilken, 2010; Creswell, 2014; Stake, 2016). Na medida em que esta investigação se enquadra nesta abordagem, é necessário explicitar suas principais

características, ainda que não seja desejável - e nem possível - abarcar todas elas nesta seção, pois diferentes autores colocam em relevo distintas características. Além disso, existem estudos que não possuem todas as características elencadas e, mesmo assim, são classificados como sendo de abordagem qualitativa (Bogdan; Biklen; 2010).

A primeira característica que diz respeito ao **papel do pesquisador** no estudo de abordagem qualitativa. Nela, o pesquisador não é neutro. De acordo com Lüdke e André:

[...] como atividade humana e social, a pesquisa traz consigo, inevitavelmente, **a carga de valores, preferências, interesses e princípios** que orientam o pesquisador. Claro está que o pesquisador, como membro de um determinado tempo e de uma específica sociedade, irá refletir em seu trabalho de pesquisa os valores, os princípios considerados importantes naquela sociedade, naquela época. Assim, a **sua visão de mundo, os pontos de partida, os fundamentos para a compreensão e explicação** desse mundo irão influenciar a maneira como ele propõe suas pesquisas, ou em outras palavras, os pressupostos que orientam seu pensamento vão também nortear sua abordagem de pesquisa (Lüdke; André, 1986, p. 3, grifo próprio).

A característica citada traz como consequência à investigação de abordagem qualitativa a **impossibilidade de neutralidade do pesquisador frente a sua pesquisa**. De acordo com Lüdke e André (1986, p. 5), “o papel do pesquisador é justamente o de servir como veículo inteligente e ativo entre esse conhecimento acumulado na área e as novas evidências que serão estabelecidas a partir da pesquisa”. Esse avanço no conhecimento da área educacional vem impregnado das crenças e experiências passadas do investigador. A interpretação dos dados que comporão o *corpus* desta investigação terá como contexto o conhecimento teórico do pesquisador sobre Neurociências e Educação Matemática, bem como o conhecimento experiencial (tácito) em sala de aula de Matemática.

Creswell (2014) explicita algumas características da pesquisa com essa abordagem. Na pesquisa qualitativa, o **pesquisador atua como instrumento-chave de coleta de dados**. O pesquisador pode usar diários de campo, entrevistas e coletar documentos em geral para ter dados suficientes para subsidiar a análise profunda do que se deseja estudar. Geralmente, é ele quem elabora os instrumentos a serem utilizados na pesquisa (Creswell, 2014). No caso deste estudo em particular, por se tratar de uma pesquisa teórica, foram utilizadas fichas de leitura elaboradas com a finalidade de sistematizar a interpretação do *corpus* de investigação, conforme apresentada na página 132.

De acordo com Creswell (2014), a pesquisa de abordagem qualitativa pressupõe **Raciocínio Complexo**. Em uma pesquisa desta natureza, o enfoque é **compreender** uma situação em um determinado contexto. Sendo assim, exige-se do pesquisador um raciocínio – seja ele dedutivo ou indutivo – que o leve a analisar os dados de maneira a elaborar uma interpretação de determinada situação, em um caminho de “ida e volta” nos dados, de forma a organizá-los e interpretá-los, dando-lhes significados. Mesmo que se faça o uso de raciocínio em pesquisas de cunho quantitativo, a diferença aqui é que a análise dos dados é realizada de forma a buscar **explicar** determinada situação, apontando causas e efeitos. A análise quantitativa parece seguir um raciocínio mais linear do que na pesquisa qualitativa. Aqui, Raciocínio Linear refere-se à forma de analisar os dados em uma pesquisa de abordagem quantitativa em que um padrão de raciocínio para explicar a causa e efeito das coisas pode ser seguido (pesquisa clínica, por exemplo), diferentemente da pesquisa qualitativa, em que não há um caminho pré-determinado de análise e não há relação de causa e efeito para a compreensão dos fenômenos.

A pesquisa qualitativa apresenta uma estrutura de **projeto emergente e flexível**. Projeto emergente significa que, mesmo havendo uma definição inicial dos elementos que devem compor o projeto, é possível que ocorram alterações em função do desenvolvimento do trabalho. Ainda que haja uma estrutura inicial, no decorrer da pesquisa é possível trocar o modo de coletar os dados ou até mesmo a formulação da questão de pesquisa, por exemplo, baseando-se no que acontece no decorrer da análise. Em virtude de algum acontecimento no decorrer do estudo, é possível que seja necessário alterar ou complementar o arcabouço teórico, ou pode ser necessário fazer alterações nos procedimentos metodológicos que foram esboçados no projeto inicial.

Por exemplo, após a qualificação, momento em que se iniciou a busca pelos documentos que fariam a composição do *corpus* de análise, percebeu-se que alguns critérios de inclusão e exclusão precisaram sofrer modificações tendo em vista o que foi encontrado nas buscas em cada uma das bases de dados e o contexto de realização da pesquisa. O critério de inclusão considerando o *qualis*, por exemplo, precisou ser revisto por dois motivos. Em primeiro lugar, alguns artigos de revistas estrangeiras possuem conteúdo adequado para comporem o *corpus*, entretanto não possuem *qualis*, já que este é um critério de qualidade predominantemente brasileiro. Além disso, não fez mais sentido incluir somente artigos com *qualis* estabelecidos nas áreas de Educação e Ensino como tinha sido previsto inicialmente, visto que, após a avaliação do ano de 2020, cada

periódico recebeu um *qualis* único para todas as áreas de conhecimento previstas pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).

O objetivo da pesquisa qualitativa é **apreender** e **compreender** sobre determinado problema, e não somente cumprir os procedimentos descritos no projeto. Na pesquisa de abordagem quantitativa, há certo controle das ocorrências e, portanto, há menor probabilidade de uma alteração ao longo do projeto ser necessária. Hulley *et al.* (2015) explicam que na pesquisa quantitativa há o que se chama **anatomia da pesquisa**, ou seja, a forma como ela é organizada. Os principais elementos desse tipo de pesquisa, segundo os autores, são: questões de pesquisa, relevância, delineamento (equivalente ao contexto da pesquisa qualitativa), variáveis a serem consideradas e aspectos estatísticos (englobam as hipóteses, tamanho da amostra e abordagem analítica). Portanto, há diferenças na estruturação de projetos de abordagem qualitativa e quantitativa, especialmente no que concerne à questão de forma de análise dos dados, baseada em estatística, que não ocorre em pesquisa de cunho qualitativo.

É desejável que o pesquisador se posicione durante uma investigação qualitativa. É aconselhável que fique evidente para o leitor como suas experiências prévias o influenciaram no estudo. Percebe-se, portanto, uma **necessidade de reflexão** por parte do pesquisador (Creswell, 2014). É desejável que, em algum momento do relatório da pesquisa, o investigador deixe explícitas as suas experiências profissionais, acadêmicas e culturais, de maneira a situar o leitor de que “lugar” ele está “falando”. A partir do que o pesquisador escrever em relação a esses aspectos, o leitor poderá aproximar-se do contexto em que os dados foram coletados e analisados. Nesta tese, há uma seção específica (seção 4.2) que evidencia os fundamentos epistemológicos nos quais essa investigação se sustenta.

Uma consequência decorrente do que foi exposto anteriormente para a pesquisa qualitativa é o seu **caráter interpretativo**. Isso significa que, dependendo da trajetória profissional e acadêmica, de todas as experiências anteriores do pesquisador e dos subsídios teóricos considerados, os dados serão interpretados de maneiras distintas por diferentes pesquisadores. Cada um tende a interpretar os dados e as situações estudadas de acordo com a sua vivência ao longo de sua história. Surge, portanto, como resultado da pesquisa qualitativa, um **relatório holístico**, em que ficam evidentes as múltiplas perspectivas e fatores envolvidos no decorrer do estudo empreendido (Creswell, 2014). Holístico, no contexto da pesquisa qualitativa, significa “uma visão ampla”. A complexidade das questões de pesquisa investigadas em abordagens qualitativas permite

ao pesquisador mostrar os diversos significados de um mesmo fenômeno, seja pela sua óptica ou dos participantes do estudo.

Na pesquisa qualitativa, o **pesquisador pode atribuir diversos significados** ao que está sendo estudado. As crenças, os valores e as experiências do pesquisador estão presentes na investigação e influenciam nos resultados. Considerando a pesquisa quantitativa, o pesquisador é um sujeito mais alienado, pois as crenças e os valores do investigador não são considerados com a profundidade em que são levados em consideração na pesquisa de abordagem qualitativa. Aqui cabe enfatizar que não significa que o sujeito que faz pesquisa quantitativa é alienado, mas sim que tal abordagem de pesquisa não considera as concepções do pesquisador envolvido.

Faz-se necessária uma **descrição densa**, detalhando as ocorrências de campo do fenômeno que está sendo estudado para que todos os significados atribuídos pelo pesquisador e pelos participantes fiquem evidentes e haja subsídio suficiente para uma análise e compreensão rigorosas. No caso deste estudo, a descrição densa diz respeito aos estudos que serão considerados no *corpus* de análise. A procedência e caracterização desses dados serão apresentadas no capítulo 6 – Procedência dos dados.

Tomando por base que essa descrição densa e o relatório holístico seriam os produtos finais da pesquisa qualitativa, surge a necessidade de **validação da pesquisa naturalística**. Tal validação pode ocorrer por outro pesquisador e, por isso, há uma necessidade de detalhar todo o processo de pesquisa de abordagem qualitativa (Castro, 1994).

Tais significados e a interpretação realizada pelo pesquisador dependem do contexto em que o fenômeno ocorre. Por isso, em estudos qualitativos, **há necessidade de o pesquisador situar o contexto político, econômico e social** no momento da investigação. A pesquisa qualitativa procura **contribuir com seus resultados**, mesmo que com pequenos avanços para a área de estudo investigada. Pode ser uma contribuição para a literatura ou um “chamado à mudança”. Castro (1994) denominou este tipo de interpretação de **ideográfica**.

Para Castro (1994, p. 60), a **seleção de sujeitos** “depende dos objetivos do estudo [...]. A amostra é definida buscando o maior número possível de informações com o objetivo de entender o contexto em detalhes”. Essa característica diz respeito às pesquisas que envolvem sujeitos.

Na pesquisa qualitativa, a amostra (pessoas ou documentos) é intencional e, como resultado desse processo, há o que se denomina **Generalização Naturalística** (Lincoln;

Guba, 1985). Entretanto, essa generalização deve ser feita com muita cautela em estudos naturalísticos, pois, geralmente, os resultados encontrados para um problema em determinado contexto não podem ser integralmente usados para outro caso semelhante. É necessário verificar a situação em que se quer fazer o uso de tais resultados e fazer as adaptações necessárias. No caso deste estudo, por se tratar de uma pesquisa teórica, não houve seleção de sujeitos, mas triagem de estudos. Esta seleção, considerando critérios de inclusão e exclusão, teve como objetivo constituir um *corpus* com o maior número possível de informações para subsidiar a construção de indicadores qualitativos para planejar, acompanhar e avaliar aulas de Matemática na Educação Básica

Com relação à análise dos dados, Castro (1994) esclarece que na pesquisa qualitativa esta tende a ser **indutiva**. Pretende-se dar significado aos dados coletados em campo a partir da unitarização e categorização. Esses dados, geralmente, estão em formato de textos, já na perspectiva quantitativa, ocorre a **dedução**. Nesse caso, pretende-se que os dados sirvam para confirmar ou rejeitar uma teoria. A autora ainda esclarece que, na pesquisa qualitativa, pode haver uma teoria emergente que se desenvolve a partir da análise dos dados, e não a partir de uma teoria prévia.

Turato (2005), frente à necessidade de oferecer à comunidade científica um referencial compacto que reunisse as principais características da pesquisa de abordagem qualitativa, bem como breve comparação com a pesquisa quantitativa, apresentou de forma bastante didática algumas definições e diferenças entre as duas abordagens. No referido estudo, o autor apresenta um quadro em que compara as duas abordagens, enfocando diferentes aspectos. Aqui, será apresentada uma adaptação deste quadro (Quadro 12), enfatizando somente as características referentes à abordagem qualitativa na medida em que esta tese está alicerçada nesse paradigma de pesquisa. No referido quadro, foi acrescentada uma coluna de autoria própria com o intuito de explicar, em linhas gerais, cada característica mencionada.

Quadro 12 – Características da pesquisa qualitativa.

Aspectos observados	Visão considerando a abordagem qualitativa de pesquisa	Definição em linhas gerais
Paradigma mais influente	Fenomenologia	Opõe-se ao Positivismo, que busca explicação das coisas pelo método científico. Procura compreender fenômenos.

Atitude científica	Busca da compreensão	Busca compreender o significado do fenômeno investigado, e não a explicação do comportamento das coisas.
Raciocínio do método	Dedutivo e indutivo	Dedutivos <i>a priori</i> (hipóteses de trabalho imaginadas pelo pesquisador) e indutivos <i>a posteriori</i> (a partir de dados coletados).
Força do método	Atribuída à qualidade da validade dos dados	A força da abordagem qualitativa reside nos métodos de obtenção de dados e sua validade, ou seja, o quanto colaboram para a compreensão aprofundada do fenômeno.
Objeto de estudo	Fenômenos apreendidos	Ao contrário da pesquisa quantitativa, em que fatos são vistos e descritos, a pesquisa qualitativa considera a apreensão de fenômenos como objeto de estudo.
Objetivos da pesquisa	Interpretação dos significados atribuídos pelas pessoas aos fenômenos	A pesquisa de abordagem qualitativa não busca a causa e efeito de fatos observados na natureza como em um viés quantitativo, mas interpretar os múltiplos significados que um fenômeno pode ter.
Referenciais teóricos	Autores variados e com pontos de vista semelhantes	Busca-se literatura que dê sustentação teórica ao pensamento do pesquisador, agregando autores clássicos, produções recentes e, por vezes, autores com ponto de vista antagônico para confronto de ideias.
Temas comuns	Ocorrências específicas	As pesquisas de cunho qualitativo procuram compreender fenômenos específicos. Não busca a explicação de fenômenos universais de ocorrência frequente.
Interesse por comparação	A comparação é inapropriada	Na medida em que cada fenômeno investigado possui suas particularidades e as pessoas que atribuem significado a tais fenômenos são diferentes, comparar estudos é uma atitude inapropriada na pesquisa qualitativa.
Desenho do projeto	Aberto e flexível	Há possibilidade de ajustes no projeto de pesquisa. Em pesquisa quantitativa, o projeto e protocolos a serem seguidos são rígidos.
Andamento da pesquisa	Procedimentos são ajustáveis	No decorrer da pesquisa qualitativa, é possível ajustar procedimentos e refazer escolhas que contribuam para melhor compreensão do que está sendo investigado.
Instrumentos específicos	Pesquisador como instrumento	Na abordagem qualitativa, o pesquisador é o principal instrumento na medida em que é ele que congrega sua percepção individual do fenômeno investigado, considerando seus conhecimentos teóricos e tácitos.
Tipos de instrumentos de pesquisa	Instrumentos mais abertos	Diários de campo, fichas de leitura, entrevistas semiestruturadas, dentre outros. Os instrumentos permitem maior detalhamento de dados coletados.
Amostragem	Intencional	Busca-se sujeitos que vivenciam o fenômeno ou tem conhecimento sobre ele. Buscam-se materiais

		capazes de subsidiar a compreensão do fenômeno investigado.
Perfil da amostra	Poucos sujeitos ou estudos específicos	Participantes com características específicas para investigação ou estudos que apresentem os critérios de inclusão previamente estabelecidos.
Tamanho da amostra	Não é pertinente	A quantidade de sujeitos e estudos considerados em pesquisa teórica não são indispensáveis. A quantidade de documentos em um estudo teórico, por exemplo, pode ser definida em função dos subsídios que oferecem à discussão.
Estudo das variáveis	Sem controle de variáveis	Em uma abordagem qualitativa, não há controle de variáveis externas. A compreensão do fenômeno ocorre considerando as características gerais do ambiente natural ou dos estudos considerados para a investigação.
Tratamento e análise de dados	Tratamento não matemático e análise por diferentes métodos	É realizada pelo pesquisador fazendo o uso de métodos de análise capazes de promover a compreensão dos fenômenos estudados. No caso desta tese, foi utilizada a Análise Textual Discursiva (ATD).
Modo de apresentação de resultados	Integração do aporte teórico com os dados de campo	Em uma seção destinada à discussão os resultados, em que há enlace do aporte teórico com os dados empíricos. Em geral, não há ênfase em dados matemáticos.
Alvo da discussão dos resultados	Discussão interpretativa	Interpretação de dados categorizados simultâneos à sua apresentação. Não há estabelecimento de correlações entre variáveis e discussão matemática.
Estratégia da discussão	Emergência do novo	A interpretação propõe a emergência de relações não visíveis (teoria + material empírico).
Cotejamento com a literatura	Agregação de novos conceitos e entendimentos para a área de estudo	Confrontação de novos conceitos construídos com outras pesquisas qualitativas com o objetivo de agregar à teoria já existente.
Finalização da concepção teórica	Teoria é ampliada, reformulada, corrigida, clarificada	Na pesquisa qualitativa, um dos objetivos é a apresentação de avanços teóricos e não somente a verificação e teste de uma teoria previamente estabelecida.
Hipótese e conclusões sobre as hipóteses	Hipóteses de trabalho	Trabalha-se com as chamadas hipóteses de trabalho, que são revistas e permanentemente construídas no decorrer da pesquisa.
Tipo de generalização	Generalização Naturalística (Lincoln; Guba, 1986)	Não é possível generalizar todos os resultados obtidos. Podem-se utilizar determinados resultados adaptados a outros contextos semelhantes.
Generalização por quem	Validade e generalização por pares	A validade e generalização da pesquisa qualitativa é realizada por leitores, consumidores da pesquisa e pesquisadores da área de estudo mais experientes.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024). Adaptado de Turato (2005).

5.2 TIPO DE PESQUISA

O tipo de pesquisa empreendido nesta tese é denominado **pesquisa teórica** (Demo, 1994). O autor explica que, neste tipo de pesquisa, uma das intenções é a reconstrução de teorias já existentes a partir da organização de material pré-selecionado em quadros de referência e posterior busca de compreensão na expectativa de que, desta análise, emergja algo inédito e de elaboração própria.

Muitos estudos neurocientíficos têm **caráter clínico**, cujo principal objetivo é **verificar quais as áreas cerebrais são demandadas para resolução de questões/problemas**, considerando diferentes conteúdos matemáticos. Essas pesquisas são realizadas utilizando diferentes tipos de recursos, tais como **ressonância magnética** (Lee *et al.*, 2010; Preusse *et al.*, 2010), **pupilometria** (Bornemann *et al.*, 2010), **espectrometria** (Obersteiner *et al.*, 2010), apenas para citar alguns exemplos. Por se tratarem, em sua maioria, de estudos quantitativos realizados em ambientes controlados, não se pode fazer uso de seus resultados na íntegra quando pensamos em uma sala de aula. Entretanto, acredita-se que esses resultados, além de outros, podem subsidiar novas pesquisas.

Conforme já apontado, existem a possibilidade, o desejo e a necessidade de aproximação entre educação (Matemática) e Neurociências (Oliveira, 2014). Nesse sentido, esta pesquisa pretende atender, ainda que em partes, tal demanda. Mesmo que a pesquisa teórica não pressuponha intervenção na realidade, entende-se que os resultados de uma pesquisa dessa natureza fazem parte das condições fundamentais para uma intervenção qualificada na realidade, visto que é a produção de conhecimento – a pesquisa teórica, neste caso - que permite tal realização. Entretanto, enfatiza-se que há a intenção futura de aplicar os indicadores aqui apresentados.

Assim, esta pesquisa de natureza teórica está alicerçada em duas partes. A primeira, que corresponde à fase inicial do estudo, possibilitou a reunião de elementos da Neurociência por meio da fundamentação teórica já apresentada e de artigos previamente selecionados, considerando critérios de inclusão e exclusão que serão mencionados posteriormente. A segunda parte corresponde à criação de indicadores qualitativos a partir dos estudos selecionados. Cabe salientar que, nesta pesquisa, pretende-se propor os indicadores, mas não está prevista aplicação no contexto escolar.

A opção por este tipo de pesquisa advém da necessidade de fazer a aproximação, de forma mais contundente, de elementos da Neurociência à sala de aula de Matemática.

Muitos estudos de viés neurocientíficos são quantitativos e realizados em um ambiente artificial, dificultando a sua utilização na escola.

5.3 METANÁLISE QUALITATIVA

A literatura referente à metodologia de pesquisa é vasta e com nomenclatura diversa, ainda que os procedimentos operacionais de diferentes metodologias sejam parecidos, com pequenas nuances que as diferenciam. Lopes e Fracolli (2008) explicam que há sinônimos na literatura para metanálise qualitativa, tais como metassíntese ou metaestudo. Nesta tese, o termo utilizado será metanálise, que se refere a “[...] um tipo distinto de estudo em que os resultados de estudos qualitativos completos de um determinado campo são combinados” (Barroso *et al.*, 2003, p. 154).

Historicamente, Gene Glass, integrante do Laboratório de Pesquisas Educacionais da Universidade do Colorado (EUA), foi o primeiro a utilizar o termo metanálise. Ele explica que “metanálise refere-se à análise das análises” (Glass, 1976, p. 3). Dito de outro modo, a metanálise busca voltar seu olhar para os resultados de uma coleção vasta de estudos em uma determinada área, procurando extrair desse exercício resultados que representam mais do que a soma dos resultados individuais de cada estudo para produzir novos conhecimentos. Para ele, a metanálise tem a “[...] finalidade de integrar descobertas” para dar um novo “[...] sentido a literatura de pesquisa em rápida expansão” (*ibidem*). Entretanto, essa “integração de descobertas” requer a interpretação do pesquisador, considerando a fundamentação teórica e seu conhecimento tácito. Nas palavras de Lopes e Fracolli (2008, p. 774):

Tais integrações vão além da soma das partes uma vez que oferecem uma nova interpretação dos resultados. Essas interpretações não podem ser encontradas em nenhum relatório de investigação, mas são inferências derivadas de se tomar todos os artigos em uma amostra, como um todo.

Inicialmente, a metanálise foi utilizada por Glass com um viés quantitativo, fazendo uso de métodos estatísticos para tratamento de dados. Foi somente a partir de uma revisão sistemática realizada pelos sociólogos Glaser e Strauss (1967) que a metanálise assumiu um viés qualitativo. Stern e Harris (1985), estudiosos da enfermagem, foram os primeiros a utilizarem o termo metanálise qualitativa ao articularem sete estudos relacionados ao autocuidado de mulheres. Atualmente, faz-se o seu uso em pesquisas

qualitativas nas mais diversas áreas de conhecimento como, por exemplo, na educação. Richter (2018) realizou uma metanálise qualitativa para compreender as aproximações existentes na interface entre Educação e Neurociência.

A quantidade de conhecimento científico nas áreas de Neurociências e Educação Matemática, temáticas de estudo que desta tese, é crescente. Pinto (2013, p. 1035) explica que, em virtude da quantidade elevada de informações:

[...] torna-se imprescindível que as informações caóticas sejam transformadas em conhecimento, isto é, que tais informações sejam reunidas, organizadas, criticamente avaliadas e interpretadas ou quantitativamente mensuradas.

A metanálise qualitativa surge como uma opção para a busca, seleção, sistematização e interpretação dessa extensa produção nas diferentes áreas do conhecimento. Esse tipo de pesquisa “[...] reúne resultados e conclusões de estudos já produzidos e procede a sínteses críticas com vistas à construção de conhecimentos atualizados” (Pinto, 2015, p. 53). De acordo com Lopes e Fracolli (2008, p. 775):

[...] trata-se da interpretação do pesquisador sobre a interpretação dos dados primários feitas por seus autores originais dos estudos que compõe a amostra da metassíntese (metanálise) que, por sua vez, é composta por estudos qualitativos distintos, selecionados com base em sua relevância para uma questão de pesquisa específica, formulada por este pesquisador.

Há diferentes definições para este termo. Outra definição de metanálise é expressa por Bicudo (2014, p. 13-14):

Entendo a metanálise como uma retomada da pesquisa realizada mediante um pensar sistemático e comprometido de buscar dar-se conta da investigação efetuada. Esse “dar-se conta” significa tomar ciência, mediante uma volta sobre o efetuado. Portanto, trata-se de um movimento reflexivo sobre o que foi investigado, sobre como a pesquisa foi conduzida e ainda atentar-se para ver se ela responde à interrogação que a gerou. Para além dessa reflexão, e fazendo parte desse movimento do pensar, incluo aquele de buscar pelo sentido que essa investigação faz para aquele que sobre ela reflete, para seus companheiros de pesquisa, para o tema investigado e para a região de inquérito.

Utilizar a metanálise qualitativa pode trazer vantagens para o avanço do conhecimento na área estudada. Para Lopes e Fracolli (2008, p. 775), “procurar reunir todo o conteúdo disponível sobre determinada temática pode ajudar a compreender fenômenos e ampliar o conhecimento”. Ainda, na visão de Sandelowski, Docherty e Emden (1997, p. 367):

Esforços no sentido de se sintetizar estudos qualitativos são vistos como essenciais para atingir proposições analíticas mais elevadas e, também, ampliar a generalização da pesquisa qualitativa.

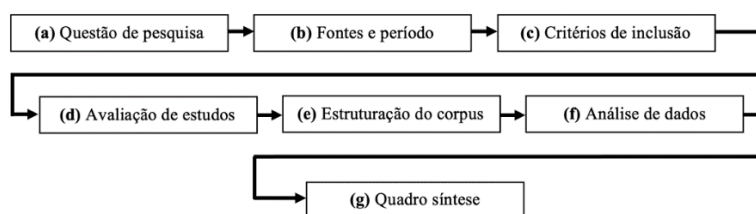
Conforme a visão de Bicudo (2014, p. 9), a importância de se realizar uma metanálise “[...] está embasado na compreensão de que a integração de várias pesquisas independentes oferece maior sustentação para trabalhos futuros e balizam modos de observar os fatos de maneira mais rigorosa [...]”. Além disso, “[...] abre caminhos para a teorização de temas investigados [...]” (Bicudo, 2014, p. 10).

A metodologia da presente investigação está dividida em duas partes, sendo a primeira delas a elaboração de uma metanálise qualitativa, cujo objetivo principal é congregiar estudos relacionados à neurociência e educação/ensino de Matemática. Em um segundo momento, considerando os estudos selecionados na primeira etapa, critérios de inclusão e exclusão, pretende-se criar um conjunto de indicadores qualitativos para avaliar atributos de Neurociências em aulas de Matemática. Na ocasião desta tese, os indicadores serão elaborados, mas não aplicados.

De acordo com Lima e Richter (2017), é necessário cumprir uma sequência de sete etapas com a finalidade de elaborar uma metanálise qualitativa no campo educacional, quais sejam: a) formulação de uma questão a ser respondida; b) escolha de fontes e delimitação do período de abrangência da revisão; c) estabelecimento de critérios para a seleção de materiais, considerando os objetivos do estudo; d) avaliar os estudos encontrados para decidir sobre a pertinência de cada um deles; e) estruturação do *corpus* de pesquisa; f) análise e interpretação dos dados coletados, utilizando um método de análise adequado; g) organização de um quadro geral de resultados a fim de mostrar a emergência de novas compreensões e responder à questão formulada inicialmente.

De forma esquemática, as etapas que compõem a metanálise qualitativa podem ser assim representadas no Esquema 10 a seguir:

Esquema 10 – Etapas da metanálise.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024) a partir de Lima e Richter (2017).

Embora haja uma sequência de passos pré-estabelecida para a realização de uma metanálise qualitativa, existem alguns aspectos que precisam ser observados no decorrer da sua execução: a) **complexidade**: comparar estudos singulares, ainda que com a mesma temática ampla, é algo complexo; b) **linguagem**: a linguagem das descrições analisadas é específica, uma vez que em pesquisas qualitativa, o contexto, as características do contexto histórico, político e social influenciam; c) **necessidade de tempo e atenção do pesquisador**: encontrar indícios de determinado tema pode ser demorado e exaustivo. Além disso, o pesquisador precisa estar atento para não fugir do foco da pesquisa, ou seja, da questão norteadora da investigação (Bicudo, 2014).

Quadro 13 – Etapas da Metanálise qualitativa para esta investigação.

ETAPAS DA METANÁLISE QUALITATIVA
(1) Formulação da pergunta
Quais categorias teóricas presentes em estudos que congregam Neurociências e Ensino/Educação Matemática podem subsidiar a construção de indicadores qualitativos para que os docentes consigam planejar, acompanhar e avaliar aulas de Matemática baseados em atributos da Neurociência?
(2) Localização e seleção de estudos
Os estudos avaliados para compor o <i>corpus</i> de análise da presente tese são: a) Artigos que constam no Google Acadêmico (<i>Google Scholar</i>); b) Artigos que constam no <i>Web of Science</i>; c) Artigos que constam no <i>Scopus</i>; Para a localização dos estudos foram utilizados os seguintes descritores: a) neurociência; b) neurociências; c) neurociência cognitiva; d) matemática; e) educação matemática; f) ensino de matemática; g) ensino da matemática; h) aprendizagem de matemática; i) aprendizagem da matemática; j) aprendizagem em matemática; k) atenção; l) memória; m) motivação; n) emoção.

A partir desses descritores foi construída a seguinte estrutura de busca:

(Neurociência OR Neurociências OR “Neurociência Cognitiva”) AND (Matemática OR “Educação Matemática” OR “Ensino de Matemática” OR “Ensino da Matemática” OR “Aprendizagem de Matemática” OR “Aprendizagem da Matemática” OR “Aprendizagem em Matemática”) AND (Atenção OR Memória OR Motivação OR Emoção)

Os termos da estrutura de busca foram utilizados, inicialmente, em Língua Portuguesa (LP) e, posteriormente, foram traduzidos para a Língua Espanhola (LE) e para a Língua Inglesa (LI). Salienta-se que a estrutura de busca sofreu pequenas adaptações em função das possibilidades de tradução dos termos, bem como do modo de inserção nos diferentes bancos de dados considerados para a pesquisa. Este detalhamento está apresentado no capítulo 6 – Procedência dos dados.

CrITÉRIOS de inclusão que foram considerados para a seleção de estudos:

- a) ser artigo de *qualis*/CAPES B1 ou superior nas áreas de educação e/ou ensino (quadriênio 2017-2020);
- b) apresentar relação entre Neurociências e Ensino/Educação Matemática;
- c) quando artigo, apresentar as expressões “Neurociências” e/ou “Ensino/Educação Matemática” no título da produção, resumo ou palavras-chave;
- d) possuir potencial para compor o *corpus* de pesquisa, no sentido de oferecer subsídios para construção de indicadores qualitativos.

Foram considerados critérios de exclusão de estudos para a composição do *corpus*:

- a) é um documento que não se configura como artigo científico;
- b) é um estudo que não apresenta relação com Educação/Ensino de Matemática;
- c) é um estudo exclusivamente clínico na área de Neurociências ou outra;
- d) é um artigo de *qualis*/CAPES inferior a B1 (quadriênio 2017-2020).

(3) Avaliação crítica dos estudos

Cada estudo presente nas buscas, considerando os critérios de inclusão e exclusão, foi avaliado de acordo com a sua pertinência para auxiliar a responder à questão de pesquisa. Foram descartados estudos que se enquadraram em pelo menos um dos critérios de exclusão previstos no item anterior.

(4) Coleta de dados

De cada estudo, foram consideradas as seguintes variáveis: código de identificação, referência completa, título, autores, periódico, ISSN, Qualis (2017/2020), ano, número, volume, intervalo de páginas, palavras-chave, questão de pesquisa, objetivo geral, principais ideias referentes à fundamentação teórica do estudo, procedimento metodológico do estudo (abordagem de pesquisa, tipo de pesquisa, participantes, instrumento de coleta de dados, corpus do estudo), método de análise, principais resultados e considerações finais.

(5) Análise e apresentação dos dados

Os dados (variáveis) referentes a cada produção foram organizados e apresentados em quadros, apresentados conforme modelo (Quadro 14). Os dados referentes ao código de identificação, título, palavras-chave, questão de pesquisa, objetivo geral e método de pesquisa serviram, exclusivamente, para a caracterização dos estudos. Os principais resultados e considerações finais compuseram o *corpus* de análise.

(6) Interpretação dos dados
A interpretação dos dados foi realizada utilizando-se a Análise Textual Discursiva (ATD). As etapas que compõem o método e a sua operacionalização estão explicitadas na seção 5.5 – Análise Textual Discursiva.
(7) Aprimoramento e atualização da revisão
Entendendo a ciência e as construções acadêmicas como dinâmicas, novas informações e interpretações podem ser incorporadas ao referido relatório após apreciação por especialistas.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024) a partir de adaptações de Richter (2018).

5.4 INDICADORES QUALITATIVOS

Conforme explicitado na organização de procedimentos metodológicos desta tese, a segunda etapa consistiu na elaboração de indicadores qualitativos para avaliar elementos da Neurociência em aulas de Matemática. Assim, esta seção é destinada a apresentar breve fundamentação teórica sobre indicadores.

De acordo com Minayo (2009, p. 84):

A definição do termo “indicador”, do ponto de vista científico, varia pouco de um autor para outro. Em geral, os pesquisadores consideram que os indicadores constituem parâmetros quantificados ou qualitativos que servem para detalhar se os objetivos de uma proposta estão sendo bem conduzidos (avaliação de processo) ou foram alcançados (avaliação de resultados). Como uma espécie de balizadores da realidade, a maioria dos indicadores dá ênfase ao sentido de medida e balizamento de processos de construção da realidade ou de elaboração de investigações avaliativas.

Historicamente, o desenvolvimento da área de construção de indicadores sociais é bastante recente, ganhando corpo científico somente na década de 1960 (Jannuzzi, 2002). Um indicador social é definido pelo autor como sendo “[...] uma medida, em geral quantitativa, dotada de significado social substantivo, usado para substituir, quantificar ou operacionalizar um conceito social abstrato, de interesse teórico ou programático” (Jannuzzi, 2002, p. 55). Ele ainda esclarece a finalidade dos indicadores sociais quando diz:

Os indicadores sociais se prestam a subsidiar as atividades de planejamento público e formulação de políticas sociais nas diferentes esferas de governo, possibilitam o monitoramento, por parte do poder público e da sociedade civil, das condições de vida e bem-estar da população e permitem o aprofundamento da investigação acadêmica sobre mudança social e os determinantes dos diferentes fenômenos sociais (Jannuzzi, 2002, p. 55).

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), por exemplo, realiza censos demográficos em que uma gama de informações relacionadas à população é levantada: características demográficas, características socioeconômicas e características dos domicílios particulares. A partir desses dados, indicadores – do tipo produto - são construídos. Os indicadores sociais podem ser classificados de diferentes maneiras. A forma mais comum é considerando o critério da área temática da realidade a que se referem. Assim, existem indicadores de saúde, de mercado de trabalho, demográficos, de renda e desigualdade, habitacionais, de segurança pública e justiça, infraestrutura e os indicadores educacionais como, por exemplo, escolaridade média da população com mais de 18 anos.

Existe, também, a classificação considerando o ente indicado, qual seja: indicador-insumo, indicador-produto ou indicador-processo (Jannuzzi, 2002). Em avaliação de política pública na área da educação, por exemplo, tem-se o seguinte: Indicador-insumo (indica os recursos) - quantidade de professores qualificados por mil crianças, o gasto monetário *per capita* em educação. Indicador-processo (indica o uso do recurso) - consultas ao mês por criança até um ano, medicamentos distribuídos por mês por criança. E o Indicador-produto (indica o resultado efetivo) - taxa de evasão, taxa de reprovação e taxa de alfabetização funcional.

Em um nível menos abrangente, sem considerar a efetivação de políticas públicas, mas no nível micro do ambiente escolar, há pesquisas que consideram o uso de indicadores em diferentes disciplinas e com distintos objetivos. Para Leal e Reali (2015, p. 85):

Os indicadores educacionais podem ser compostos de informações de diferentes naturezas ou estatísticas, colhidas ou determinadas com base em várias fontes e que refletem aspectos importantes de um sistema educacional de uma rede de ensino ou até mesmo de uma escola e dos processos a essas instâncias relacionadas.

Leal e Reali (2015), por exemplo, empreenderam um estudo do tipo exploratório de natureza descritivo-analítica que teve como objetivo identificar indicadores educacionais de desenvolvimento profissional da docência com base nas concepções de um professor de Educação Física experiente. Para tanto, utilizaram-se como fontes de dados os diários de observação das aulas desse professor e três entrevistas semiestruturadas realizadas com esse profissional. A partir da organização do material

coletado, houve a emergência de três categorias: 1) o que os alunos devem aprender; 2) o que o professor deve saber para ensinar; 3) o que a comunidade escolar deve fazer para auxiliar alunos e professores no processo de aprender e ensinar nas aulas. Como resultados, foram elaborados quadros de referência e, como consequência, foram propostos indicadores que dizem respeito ao desenvolvimento profissional docente ao longo da carreira do magistério, em particular, da disciplina de Educação Física.

Considerando a disciplina de Ciências, Brandolt-Borges (2021) criou indicadores qualitativos para auxiliar professores dessa disciplina que desejam desenvolver a argumentação em sala de aula. A autora, fazendo uso de metanálise qualitativa, reuniu artigos dessa temática considerando critérios de inclusão e, em seguida, por meio da ATD, elaborou oito indicadores que podem auxiliar os docentes na promoção da argumentação da sala de aula. Por fim, para potencializar a tese defendida, a autora fez uso dos indicadores construídos para avaliar aulas de Ciências que já haviam ocorrido em outras ocasiões. Esses são apenas dois exemplos de como se pode utilizar indicadores no campo educacional. Para Leal e Reali (2015, p. 87):

[...] ao considerar a escola e a sala de aula, os indicadores educacionais devem informar e oferecer dados que possibilitem a reflexão dos participantes da comunidade escolar sobre atividades que realizam, assim como também devem ajudá-los a construir compreensões mais detalhadas e profundas sobre processos educacionais promovidos.

Nesta tese, almeja-se a construção de indicadores de cunho educacional para a promoção da melhoria da aprendizagem de Matemática no nível micro da sala de aula. Nessa perspectiva, espera-se que os indicadores sejam de ordem qualitativa, pois não se deseja medir, mas verificar a existência (ou não) de elementos favorecedores da aprendizagem de matemática embasados em teoria neurocientífica. Cabe salientar que não se desejará ter como resultado da pesquisa um instrumento que sirva para fazer juízo do trabalho docente. A intenção é subsidiar o professor para que possa aprimorar o planejamento e avaliação de aulas tendo por base conhecimentos da Neurociência Cognitiva, que já tem potencialidade reconhecida em resultados de estudos publicados.

Jannuzzi (2002) explica que alguns cuidados precisam ser tomados na elaboração de qualquer indicador: 1) um indicador consistente deve estar alicerçado por fundamentação teórica adequada; 2) precisam ser explicitadas as categorias analíticas relevantes do que se pretende avaliar; 3) o encadeamento das categorias deve estar explicitado; 4) os indicadores não devem ter grau de complexidade elevado, sob pena de

inviabilizar seu uso por quem necessita operacionalizá-los; 5) deve-se tomar cuidado quando se utiliza um sistema de indicadores, ou seja, indicadores simples combinados, como o Índice de Desenvolvimento Humano – IDH, por exemplo, que aglutina indicadores de três dimensões básicas: saúde, educação e renda.

Assim, ao considerar o contexto desta pesquisa, espera-se cumprir com as exigências estabelecidas pelo autor supracitado, especialmente a última, visto que se deseja que os professores possam fazer o uso mais adequado possível dos indicadores elaborados. Ainda que tais cuidados tenham sido tomados para elaborar indicadores para avaliar políticas públicas, acredita-se que esses devem ser considerados em contextos menos abrangentes, como por exemplo, a elaboração de indicadores para a sala de aula de Matemática.

Ferreira e Tenório (2010) discutem a construção de indicadores educacionais, enfocando a avaliação de políticas públicas sob dois aspectos principais: a) teóricos e metodológicos para tal elaboração e b) os limites e possibilidades para elaboração dessa ferramenta. Ainda que no âmbito deste estudo não se deseje avaliar políticas educacionais, mas utilizar indicadores em uma perspectiva mais interna, dentro de sala de aula (em estudos futuros), considera-se que os autores trazem alguns elementos importantes para a elaboração desses indicadores. Para eles, há o nível interno e o nível externo de uso dos indicadores. No primeiro, é preciso considerar critérios de validade para a sua produção, coerência e consistência dos indicadores produzidos, aspectos objetivos e subjetivos, aspectos quantitativos e qualitativos. No segundo, denominado nível externo, consideram-se questões sociopolíticas, as quais não serão consideradas neste estudo.

Segundo Ferreira e Tenório (2010, p. 2):

[...] os indicadores não podem deixar de ser entendidos como instrumentos de categorização da realidade empírica que buscam favorecer a construção de representações cognitivas sobre o real, ou seja, subsidiar o processo de construção ou aplicação de conceitos e relação entre conceitos.

Trazendo a perspectiva dos autores para o contexto dessa investigação, deseja-se utilizar conceitos e a relação entre conceitos da Neurociência Cognitiva, já estabelecidos em estudos teóricos, para elaborar um instrumento de categorização da realidade empírica: os indicadores qualitativos para a sala de aula de Matemática. Aqui, as categorias são entendidas como reunião e organização de elementos que se consideram essenciais, do ponto de vista neurocientífico, para a aprendizagem de Matemática e que

se desejaria que estivessem presentes no planejamento e avaliação da ação docente com o objetivo de alavancar a aprendizagem dos estudantes. Para os autores, os indicadores podem servir para avaliar políticas educacionais, assim como ações educativas. É no planejamento de aulas de Matemática e nas ações educativas que os indicadores estão alicerçados.

Ferreira e Tenório (2010) explicam que os fenômenos educativos são multidimensionais, o que torna a elaboração de indicadores uma tarefa complexa e, independentemente da quantidade e profundidade dos indicadores elaborados, ainda assim será uma “[...] visão parcial do fenômeno [...]” (Ferreira; Tenório, 2010). Para eles, a busca de métodos alternativos para elaboração de indicadores que não leve em consideração somente aspectos quantitativos, mas que introduzam parâmetros qualitativos, é fundamental. É nesta última perspectiva que se enquadram os indicadores que serão o produto desta tese.

5.5 A ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA

A análise desta pesquisa tem abordagem **qualitativa**. O *corpus* de análise é constituído pelas considerações finais dos estudos selecionados na respectiva etapa, ou seja, aqueles que se enquadrarem nos critérios de inclusão já estabelecidos. Escolheu-se a Análise Textual Discursiva (ATD), de autoria de Roque Moraes e Maria do Carmo Galiuzzi, para realizar a análise dos dados coletados. Assim, essa seção da metodologia é destinada a apresentar as características e o modo de operacionalização dessa metodologia de análise. Num viés qualitativo (Flick, 2009), não se pretende testar hipóteses para aceitá-las ou refutá-las, todavia compreender o fenômeno que está sendo analisado de forma mais detalhada quanto possível.

Para Moraes e Galiuzzi (2011):

A análise textual discursiva pode ser compreendida como um processo **auto-organizado** de construção de compreensão em que os novos entendimentos que emergem a partir de uma sequência recursiva de três componentes: a desconstrução dos textos do “corpus”, a unitarização; o estabelecimento de relações entre os elementos unitários, a categorização; o captar o emergente em que a nova compreensão é comunicada e validada (Moraes; Galiuzzi, 2011, p. 12, grifo próprio).

Para os autores, a ATD é um processo **auto-organizado** e que possui três etapas para sua operacionalização, quais sejam: 1) **a unitarização**; 2) **a categorização**; e 3)

elaboração de metatextos. A partir da realização destas três etapas, pretende-se alcançar novas compreensões a respeito do que está sendo investigado. No caso desta tese, espera-se elaborar indicadores qualitativos para subsidiar o planejamento e a avaliação de aulas de Matemática na Educação Básica baseados na Neurociência. O conjunto de documentos que fazem parte de uma determinada análise é denominado *corpus*. No caso particular deste estudo, o *corpus* é constituído pelas seções Discussão dos Resultados e Considerações Finais dos artigos que foram submetidos aos critérios de inclusão e exclusão.

A **unitarização** de um texto consiste em:

[...] desmembrá-lo, transformando-o em unidades elementares, correspondendo a elementos discriminantes de sentidos, significados importantes para a finalidade da pesquisa, denominadas de unidades de sentido ou de significado (Moraes; Galiazzi, 2011, p. 49).

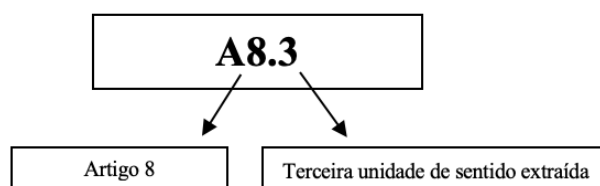
Assim, ao ter contato com tais textos, é necessário fragmentá-los, gerando **unidades de sentido**, ou **unidades de significado**. O processo de unitarização é realizado considerando os diferentes significados e sentidos expressos nos textos, na visão do pesquisador que está realizando a análise. Cada ideia-núcleo é considerada uma unidade de sentido ou significado.

O processo de unitarização e as unidades de significado possuem diversas características. Existe um **limite de desmembramento** de um texto para que os significados não sejam alterados ou desconectados de um contexto como um todo. Quando a fragmentação do texto é excessiva, corre-se o risco de as unidades perderem o sentido. Toda unidade de significado é produzida em um contexto, portanto, cada uma delas deve ser **reescrita no contexto** em que foi produzida na medida em que diferentes contextos podem fazer emergirem sentidos distintos, e o leitor precisa compreender os sentidos e contextos expressos em cada unidade. Por fim, faz-se necessário que o pesquisador realize o processo de **codificação** de cada fragmento que analisará para que seja possível retornar ao texto original caso seja necessário. Para Moraes e Galiazzi (2011, p. 49-50):

O sistema de códigos pode ser numérico alfabético ou combinações deles. Constitui um conjunto de indicadores que possibilita relacionar as unidades e categorias construídas com os textos dos quais se originaram. Permite nesse sentido voltar aos textos originais sempre que isso se fizer necessário.

Vamos supor que um determinado trecho das considerações finais de um artigo tenha três unidades de sentido. Por exemplo, podemos usar os códigos A8.1, A8.2 e A8.3 para identificar cada uma das unidades de sentido extraídas do artigo 8. Cabe salientar que ao final de alguns códigos foi incluído o símbolo (T) para indicar que tal excerto foi traduzido para a Língua Portuguesa, visto que alguns documentos que compõe o corpus foram escritos em Língua Inglesa ou Língua Espanhola, necessitando serem traduzidos. Esquemáticamente, o processo de codificação pode ser exemplificado da seguinte forma:

Esquema 11 – Exemplo de codificação do *corpus*.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

As unidades de significado precisam ser **válidas**, ou seja, devem servir como subsídio para responder à questão de pesquisa, contribuindo para a compreensão do fenômeno educacional em questão. Cada unidade de sentido deve receber um **título**, denominado **rótulo**. Essas unidades de significado que receberam um rótulo já podem ser consideradas as **categorias iniciais** do processo de categorização.

Após a unitarização de todo o *corpus* de análise, passa-se para a segunda etapa, que é chamada de **categorização**. Para Moraes e Galianzi:

Categorizar é reunir o que é comum [...] resultando em formação de conjuntos de elementos que possuem algo em comum. A categorização constitui um processo de classificação em que elementos de base – as unidades de significado – são organizados e ordenados em conjuntos lógicos abstratos possibilitando o início de um processo de teorização em relação aos fenômenos investigados (Moraes; Galianzi, 2011, p. 75).

Na categorização, o pesquisador reúne as unidades de sentido com significado semelhante, levando em consideração as **regras de classificação**. É fundamental que fiquem explícitos, no decorrer da pesquisa, os motivos pelos quais determinada unidade de sentido foi classificada em uma categoria específica e não em outra, ainda que a mesma unidade de sentido possa fazer parte de mais de uma categoria.

Geralmente, inicia-se a classificação das unidades de sentido colocando um título para cada uma delas, denominado rótulo, originando, assim, as **categorias iniciais**,

conforme mencionado anteriormente. Em um segundo momento, reúnem-se as categorias iniciais, formando as **categorias intermediárias**. Por fim, as categorias intermediárias geram as chamadas **categorias finais**. Se o pesquisador achar necessário, é possível estabelecer um conjunto de subcategorias para a exploração do fenômeno estudado, dando relevo para aspectos que considerar importantes.

Na ATD, a característica conhecida como **exclusão mútua** não precisa ser satisfeita. Moraes e Galiuzzi (2011, p. 85) esclarecem que “entende-se por esse critério que cada elemento unitário a ser classificado só poderá pertencer a uma única categoria ou classe”. Na medida em que as mesmas unidades de significado podem ter diferentes sentidos expressos pelos colaboradores da pesquisa, é plausível que essas possam ser colocadas em diferentes categorias, não necessitando, portanto, que se respeite a exclusão mútua. Além disso, pode haver dúvidas por parte de quem está realizando a classificação, levando o sujeito a incluir a mesma unidade de significado em mais de uma categoria.

Para a organização das unidades de sentido em categorias, o pesquisador poderá considerar os seguintes tipos de categoria: **categorias *a priori*** e **categorias emergentes**. Para Moraes e Galiuzzi (2011, p. 87), “no processo de categorização *a priori* ou fechado, as categorias são predeterminadas, ou seja, fornecidas de antemão”. Já o processo de categorias emergentes “dá-se a partir de análises indutivas. A indução analítica é um modo de chegar a um conjunto de categorias indo das informações e dados para classes de elementos que têm algo em comum” (Moraes; Galiuzzi, 2011, p. 87). O pesquisador ainda pode optar por utilizar categorias de ambos os tipos, configurando-se como uma **categorização mista**.

A utilização de categorias mistas ou emergentes é a mais indicada. Ao se fazer o uso de categorias *a priori*, pode ocorrer a perda de dados que poderiam ser essenciais para uma compreensão mais aprofundada do estudo. Moraes e Galiuzzi (2011, p. 87) explicam que “a imposição prematura de um esquema rígido de categorias pode implicar a perda de dados significativos que não tem categorias para enquadrá-los”.

Categorias *a priori* vão se desenvolvendo de mais amplas para mais específicas. Quando se trata de categorias emergentes, geralmente ocorre o contrário: do mais específico ao mais amplo. Esta característica é denominada de **amplitude e precisão** de uma categoria. Para Moraes e Galiuzzi (2011, p. 87), “no processo classificatório podem ser importantes tanto categorias de menor amplitude, geralmente, mais precisas, quanto categorias mais amplas, de menor precisão”. A amplitude de uma categoria dependerá do nível de aprofundamento desejado para as discussões da análise.

Ao constituir o processo de categorização, independentemente do tipo escolhido, o pesquisador precisa estar atento a alguns aspectos. O conjunto de categorias deve apresentar **validade**. Para que isso ocorra, as categorias devem ter **relação com o contexto** (validade contextual) e estarem **alinhadas com os objetivos da pesquisa**. As categorias, independentemente do tipo, devem apresentar **homogeneidade**. Para Moraes e Galiuzzi (2011, p. 83):

Na construção de conjuntos de categorias é importante que a organização se dê a partir de um único critério. O uso de uma única dimensão na classificação dos materiais conduz a categorias homogêneas, a homogeneidade que deve ser aplicada a cada nível de categorização.

Assim, todos os critérios que levam à constituição de uma determinada categoria, e que justificam a inserção de unidades de significado específicas, precisam ser descritos detalhadamente. Para a realização da etapa de categorização da ATD, deve-se considerar a **saturação**. Para os autores do método de análise:

Só necessitam ser classificadas informações efetivamente pertinentes à pesquisa e aos fenômenos investigados. A exaustividade também é delimitada pelo critério de saturação. Uma vez que a inclusão de novos materiais em categorias já construídas não trazer mais novos elementos de compreensão, é improdutivo continuar a categorizar mais materiais (Moraes; Galiuzzi, 2011, p. 85).

Após a etapa de categorização, passa-se à última etapa da ATD, que é a **elaboração dos metatextos**. Para Moraes e Galiuzzi:

O produto final de uma análise textual discursiva é um metatexto, expressão por meio da linguagem das principais ideias emergentes das análises e apresentação dos argumentos construídos pelo pesquisador em sua investigação, capaz de comunicar a outros as novas compreensões atingidas (Moraes; Galiuzzi, 2011, p. 94).

É nesse momento que o pesquisador faz o enlace da fundamentação teórica com os dados coletados em campo – ancoragem empírica - com a finalidade de responder à questão de pesquisa e explicitar as suas novas compreensões decorrentes de todo o processo de análise. Moraes e Galiuzzi (2011, p. 97) defendem que “produções escritas dessa natureza devem ser compostas de descrição, interpretação e argumentação integradora”. A **descrição** do fenômeno estudado deve ser densa e rica em detalhes. Para eles, descrever significa “apresentar diferentes elementos que emergem dos textos

analisados e representados pelas diferentes categorias construídas” (Moraes; Galianzi, 2011, p. 123). É na descrição que se apresentam as principais características e aspectos referentes aos materiais que fazem parte do corpus.

Além da descrição, o metatexto precisa apresentar **interpretação**. É nessa parte do texto que o pesquisador faz uso da teoria escolhida e de seu conhecimento tácito (originado da sua experiência) para escrever algo além da descrição do que está sendo analisado, mas que apresente novas compreensões. É a etapa “em que o pesquisador procura correspondências ou associações com modelos teóricos que assumiu anteriormente na pesquisa, procurando integrar seus resultados com esses marcos teóricos” (Moraes; Galianzi, 2011, p. 123). Há necessidade de investimento de tempo e dedicação para o domínio de uma teoria forte. Para Moraes e Galianzi (2011, p. 103) “o avanço da descrição para a interpretação exige investimento intenso em teorias já existentes. Somente consegue ir além das teorias existentes sobre um fenômeno quem domina um referencial teórico significativo sobre o que investiga”. Percebe-se, deste modo, a necessidade de uma fundamentação teórica adequada aos objetivos da pesquisa e que tenha certo nível de aprofundamento, permitindo coerente integração entre os dados de campo e a teoria trazida por diferentes autores.

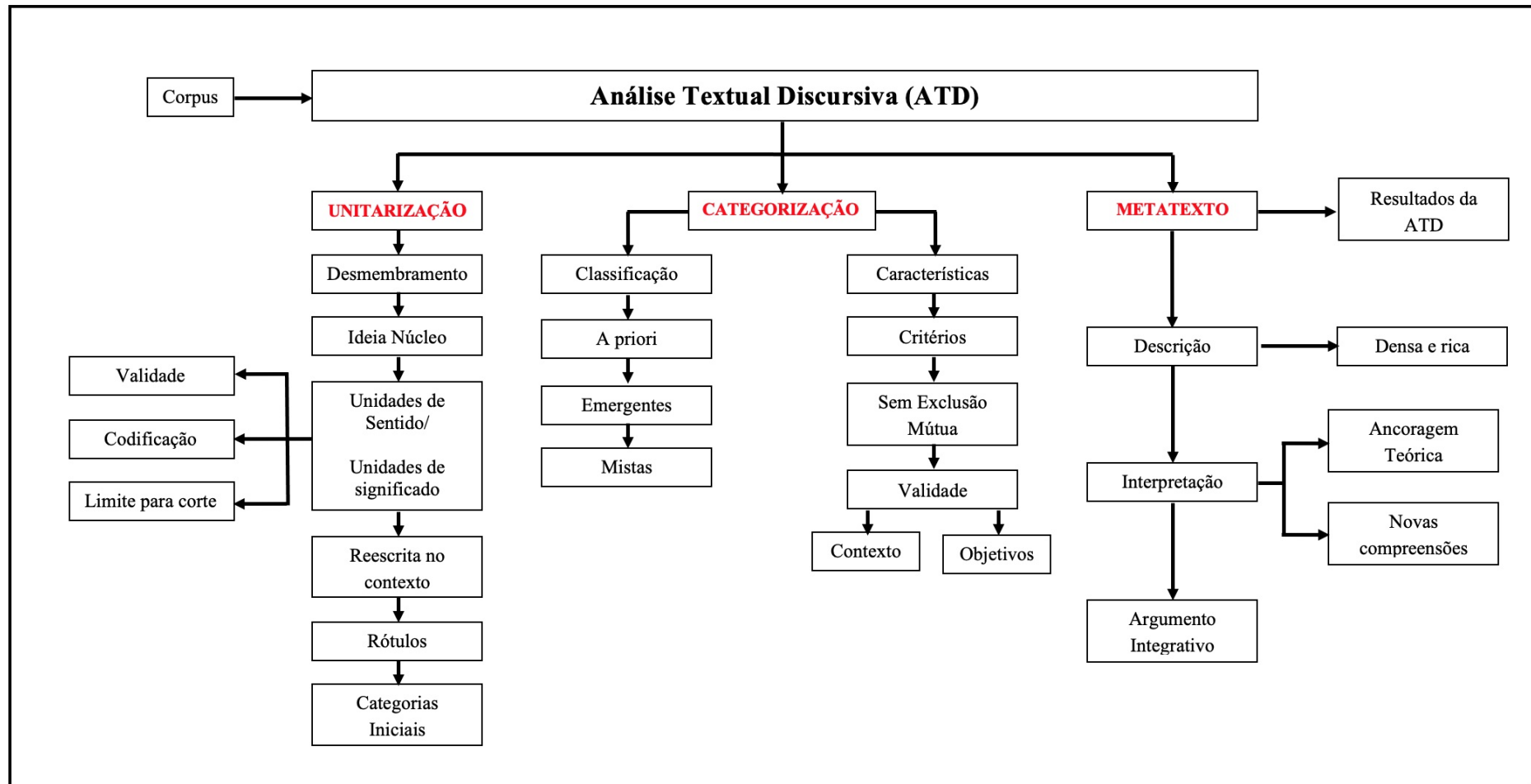
No caso de uma tese, ainda há necessidade de uma **argumentação integradora**. Um texto de qualidade é elaborado a partir da defesa de um tema. Para Moraes e Galianzi (2011, p. 103), uma tese é:

[...] uma hipótese ou ponto de vista que o pesquisador assume defender, modificações que ele produz no discurso existente. Os argumentos devem ser fundamentados teórica e empiricamente, de modo que essas modificações sejam consideradas válidas por parte daqueles a quem se referem ou que tomam contato com elas.

A tese é a afirmação ou hipótese que se deseja defender, não no sentido de uma confirmação, como em uma abordagem quantitativa de pesquisa, mas uma defesa que se desenha ao longo da pesquisa com a construção de argumentos que considera a teoria e o campo. No caso de uma abordagem qualitativa, as proposições são denominadas hipóteses de trabalho.

Por fim, segue, na página seguinte, o esquema das etapas do método de análise desta pesquisa (Esquema 12).

Esquema 12 – Etapas da ATD.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024) a partir de Moraes e Galiazzi (2011).

6 PROCEDÊNCIA DOS DADOS

O conjunto de dados considerados para a análise na presente tese são provenientes de três fontes, quais sejam: (1) Google Acadêmico (GA) – que é considerado um buscador, não um banco de dados; (2) *Scopus*; e (3) *Web of Science* (WoS). A escolha dessas fontes de dados foi inspirada no estudo de doutoramento empreendido por Galle (2021), que realizou uma metanálise qualitativa considerando as bases citadas. Além disso, Prankute (2021), explica que *Scopus* e WoS são os dois bancos de dados geralmente aceitos como os mais abrangentes para diversas finalidades, em particular, a acadêmica. Os dados fornecidos por tais bases servem de subsídio para os principais *rankings*, que acabam por influenciar no prestígio das universidades e pesquisadores. Desse modo, acredita-se que estas opções abarquem estudos suficientes para a realização da presente pesquisa.

A escolha das bases WoS (anteriormente denominada de *Web of Knowledge*) e *Scopus* se justifica por serem considerados “[...] os dois principais bancos de dados bibliográficos [...]” (Prankute, 2021, p. 1) e “[...] por oferecem as informações mais confiáveis [...]” (Prankute, 2021, p. 4) se comparadas a outras ferramentas de busca de produções. Além de serem fornecedores de referências bibliográficas, tais bases de dados oferecem métricas e indicadores que servem de balizadoras para avaliar o prestígio de pesquisadores e suas respectivas instituições como, por exemplo, a quantidade de citações.

Cabe salientar que existem outras bases de dados, tais como: *Dimensions*, *Microsoft Academic*, *CrosRef*, *ResearchGate*, *OpenCitations*, dentre outras, que também oferecem ferramentas de buscas de forma gratuita, sem necessidade de assinatura. Ainda há bases mais específicas como *Pubmed* e *Medline*, geralmente utilizadas para busca de documentos da área da saúde. Entretanto, por serem mais novas e não se ter estudos suficientes, estas ainda não são consideradas para pesquisas mais extensas, em particular, para compor o *corpus* de teses de doutorado de temáticas mais específicas (Gusenbauer; Haddaway, 2020), como é o caso do presente estudo, cuja temática congrega Neurociência e Educação Matemática.

Optou-se, portanto, por incluir as três bases de dados citadas no início desta seção, visto que elas possuem níveis de abrangência diferentes dependendo da área pesquisada (Prankute, 2021). Desse modo, espera-se abarcar a maior quantidade de estudos possível, visto que os documentos que não são encontrados em uma base, possivelmente, serão encontrados em outra ao se considerar o enlace entre Neurociências, Educação Matemática e suas possíveis variações. As estruturas utilizadas nas buscas serão detalhadas em seção específica.

6.1 BASES

A seguir, apresenta-se breve detalhamento de cada uma das bases que serão utilizadas nas buscas. Conforme já explicitado, serão utilizadas as seguintes bases/bancos de dados: 1) Google Acadêmico (GA); 2) *Web of Science* (WoS) e 3) *Scopus*.

6.1.1 Google Acadêmico

O Google Acadêmico (GA) (disponível em: www.scholar.google.com.br) é uma ferramenta eletrônica disponibilizada pela *Google* desde novembro 2004, utilizado para busca de produções acadêmicas de diversos tipos, tais como: citações, artigos revisados por pares, dissertações, teses, livros e capítulos, resumos, trabalhos apresentados em eventos, entre outros. Dentre as principais características do GA, estão: a sua interface simples; a facilidade de uso da plataforma; a expressiva quantidade de resultados que apresenta, sendo, por vezes, maior que outras plataformas reconhecidas, tais como *Web of Science* e *Pubmed*; dependendo da área de conhecimento que se considera na busca, a possibilidade de verificar quantas vezes determinado artigo foi citado e quais documentos fizeram uso do material (Cecchino, 2010).

Dois pontos fundamentais que diferem o GA das outras duas bases citadas são o valor e o acesso. O GA é gratuito e não necessita de *login* com usuário e senha para a sua utilização. Por outro lado, *Scopus* e *WoS* tem valores elevados de assinatura e requerem dados de acesso. Estes são pontos que devem ser considerados ao se realizar pesquisas de documentos.

De acordo com Cecchino (2010, p. 320), “[...] a principal característica do Google Acadêmico é sua abordagem simplista para a busca de informações científicas, médicas e jurídicas”. Em geral, a apresentação dos resultados é realizada em ordem cronológica, aparecendo, primeiramente, os artigos mais antigos e, por esse motivo, mais citados, ainda que essa não seja uma regra sempre aplicável. Essa ferramenta também permite a busca avançada, entretanto, ela não é tão eficiente como a busca realizada com os vocábulos diretamente no campo destinado para esta finalidade, embora se consiga aprimorar alguns critérios de busca. Para o mesmo autor, esse banco de dados é adequado para a realização de revisões sistemáticas de literatura (Cecchino, 2010).

6.1.2 *Web of Science* (WoS)

O *Web of Science* (WoS) foi o primeiro banco de dados bibliográfico internacional de amplo escopo, criado por Eugene Garfield em 1960 com o nome de Instituto de Informação Científica (*Institute for Scientific Information* - ISI). Até 2004, quando a base *Scopus* foi lançada, a WoS era a única ferramenta disponível com essa finalidade, durante 40 anos. Mais tarde, em 1992, ao ser adquirido pela empresa Thompson Reuters, passou a ter o nome de *Web of Science*. Em 2016, passou a ser propriedade da empresa *Clarivate Analytics*. Desde sua criação, passou por diferentes atualizações e melhorias como, por exemplo, a inclusão nas buscas por trabalhos apresentados em eventos no ano de 2011 e, por esse motivo, com o passar do tempo, tornou-se uma ferramenta muito influente na realização de pesquisas acadêmicas (Pranckute, 2021).

Diferentemente do GA, a base WoS é paga e, possivelmente por esse motivo, as instituições assinam somente a coleção principal, denominada de *Core Collection* (CC), que reúne a maioria do acervo eletrônico. A busca por documentos nesta base foi realizada via acesso remoto da PUCRS.

6.1.3 *Scopus*

É um banco de dados similar ao WoS, lançado em novembro de 2004 pela Elsevier, que reúne conteúdo multidisciplinar. A principal diferença do *Scopus* para o WoS CC é que todo o conteúdo é acessível sem a necessidade de assinaturas adicionais ou configurações (Pranckute, 2021).

Com relação a cobertura geral de conteúdos, esta base se mostra mais abrangente, dependendo da área de conhecimento explorada. É considerada uma ferramenta mais adequada para a busca de trabalhos apresentados em eventos, pois esta base indexa uma quantidade maior de fontes exclusivas, não cobertas pelo WoS (Pranckute, 2021).

6.2 ORGANIZAÇÃO DOS DADOS COLETADOS

Com a intenção de identificar, caracterizar e organizar os dados provenientes das pesquisas realizadas nos bancos de dados já mencionados, procedeu-se a elaboração de formulários, nos quais constam os seguintes itens:

→Identificação

- a) **Identificação do artigo:** É um código composto por uma letra maiúscula e um número. Utilizou-se a letra **A** para indicar que se trata de um documento do tipo **artigo de periódico**, seguida de um número que indica a sequência do artigo. Assim, por exemplo, a identificação A09 identifica o artigo número 9 da sequência. Esta mesma identificação foi utilizada como parte da codificação do *corpus* de análise para que seja possível realizar a apreciação dos dados por meio da ATD.
- b) **Referência completa:** Apresenta a referência completa do documento analisado conforme as regras da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

→Dados da publicação

- a) **Título:** Apresenta o título do artigo considerado.
- b) **Autores:** Apresenta o nome dos autores do artigo em questão.
- c) **Periódico:** Apresenta o nome do periódico no qual o artigo selecionado foi publicado.
- d) **ISSN:** Sigla que corresponde ao *International Standard Serial Number* (ISSN). Todos os periódicos de artigo científico possuem este número de identificação composto por oito dígitos, no formato XXXX-XXXX.
- e) **Qualis (2017/2020):** Nota obtida pelo periódico na última avaliação da CAPES no qual foi publicado o artigo considerado. As notas podem variar de: A1 até A4; B1 até B5 e C, sendo A1 o periódico mais conceituado e C o menos conceituado. Inicialmente, no projeto de pesquisa proposto na qualificação, a intenção era considerar somente artigos de periódicos cujo *qualis* era A1. Entretanto, ao iniciar as buscas, constatou-se um número reduzido de publicações com o referido *qualis* e optou-se por abrir possibilidade para incluir publicações de estratos menores.
- f) **Ano:** Ano da publicação do artigo incluído para realização da Metanálise.
- g) **Número:** Número do periódico em que se encontra a referida publicação.
- h) **Volume:** Volume do periódico em que se encontra a referida publicação.
- i) **Intervalo de páginas:** Apresenta o intervalo de páginas em que se encontra a publicação naquele número do periódico.

→Dados introdutórios da publicação

- a) **Questão de pesquisa:** Apresenta a questão de pesquisa da investigação considerada.
- b) **Objetivo da pesquisa:** Apresenta o objetivo da investigação considerada.

- c) **Palavras-chave do artigo:** Mostra todas as palavras-chave utilizadas pelos autores na publicação.

→ **Principais ideias referentes à fundamentação teórica do estudo**

- d) **Fundamentação teórica do estudo:** Apresenta as principais ideias de teóricos que deram sustentação ao estudo. Aqui, a ideia é apresentar tais informações de forma resumida, visto que serviram apenas para caracterizar o estudo e não como *corpus* de análise para a realização da metanálise.

→ **Procedimentos metodológicos do estudo**

- a) **Abordagem de pesquisa:** Apresenta a abordagem da pesquisa realizada, que pode ser classificada como quantitativa, qualitativa ou mista.
- b) **Tipo de pesquisa:** Apresenta a classificação do tipo de pesquisa empreendida como, por exemplo, estudo de caso, pesquisa documental, entre outras.
- c) **Participantes:** Indica os participantes que colaboraram na realização do estudo, bem como as suas principais características, tais como: quantidade de colaboradores, média de idade, sexo, local de realização da pesquisa, dentre outras. No caso de pesquisas teóricas, este campo foi preenchido com a sigla NA (não se aplica).
- d) **Instrumento de coleta de dados:** Indica qual/quais instrumentos foram utilizados para coleta de dados como, por exemplo, entrevista, diário de campo, questionários, entre outros.
- e) **Corpus do estudo:** Apresenta quais elementos foram utilizados para compor os dados analisados na publicação como, por exemplo, as considerações finais de artigos científicos.

→ **Aspectos referentes à análise de dados**

- a) **Método de análise:** Indica qual método de análise foi escolhido pelo (s) autor (es) para analisar os dados coletados como, por exemplo a Análise Textual Discursiva (ATD) ou Análise de Conteúdo (AC).
- b) **Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática:** Aqui, estão expostos em forma de itens, seguidos da página em que foram extraídos no artigo e dos principais resultados dos estudos analisados no que concerne ao enlace da Neurociência com a Educação Matemática. Cabe salientar que são os resultados aqui expostos que compõem o *corpus* de análise desta tese juntamente com as considerações finais de cada estudo.

- c) **Considerações finais referentes à Neurociência e Educação Matemática:** Aqui, estão expostos em forma de itens, seguidos da página em que foram extraídos no artigo e das principais considerações finais dos estudos analisados no que concerne ao enlace da Neurociência com a Educação Matemática. Cabe salientar que são os resultados aqui expostos que compõem o *corpus* de análise desta tese juntamente com os principais resultados de cada estudo.

Segue abaixo, o Quadro 14 que foi utilizado como modelo para o fichamento dos estudos selecionados.

Quadro 14 – Exemplo de ficha para caracterização dos estudos selecionados.

IDENTIFICAÇÃO				
Identificação do artigo		Referência completa		
DADOS DA PUBLICAÇÃO				
Título				
Autores				
Periódico				
ISSN		Qualis (2017/2020)		Ano
Número		Volume		Intervalo de páginas
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO				
Questão de pesquisa		Objetivo da pesquisa		
Palavras-chave do artigo				
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise				
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática				

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

6.3 PROCEDIMENTOS PARA A SELEÇÃO DOS ESTUDOS

Para a elaboração das estruturas de busca, optou-se por utilizar as seguintes palavras: **Neurociência, Neurociências, Neurociência Cognitiva, Educação Matemática, Ensino de Matemática, Ensino da Matemática, Aprendizagem de Matemática, Aprendizagem da Matemática, Aprendizagem em Matemática, Matemática, atenção, memória, motivação e emoção**. Com relação à escolha das palavras relacionadas à área de Neurociência, além da palavra neurociência no singular e no plural, optou-se, também, pela elaboração de estruturas de busca, utilizando a expressão neurociência cognitiva, uma vez que é esta parte da Neurociência que enfoca os processos de aprendizagem, em particular, da Matemática, que é o foco desta investigação.

No projeto de tese apresentado na qualificação, apenas a expressão “ensino de matemática” e suas variações foram indicadas como possíveis descritores para a busca de produções. Entretanto, entendendo o ensino e a aprendizagem como processos distintos, optou-se por incluir a expressão “aprendizagem de matemática” e suas variações como descritores para a coleta de dados desta tese. Ao apontar ensino e aprendizagem como processos distintos, salienta-se, por exemplo, que pode haver ensino e não haver aprendizagem e vice-versa; em geral, o ensino está centrado na figura do professor, enquanto o processo de aprendizagem centra-se no aluno, dentre outros aspectos que os tornam processos particulares e distintos, embora, muitas vezes, podem estar imbricados, como já foi definido na seção 4.2 – Ensino de Matemática: Fundamentos Epistemológicos.

Por fim, a escolha de inclusão das palavras atenção, memória, motivação e emoção como descritores para realização das buscas justifica-se, uma vez, que toda a fundamentação teórica apresentada nesta tese está relacionada à Neurociência e a esses atributos. Assim, considerando as observações feitas, diversas buscas foram realizadas utilizando-se várias estruturas.

Procedeu-se a combinação das palavras supracitadas para a elaboração de estruturas de busca. O quadro a seguir (Quadro 15) mostra o número de sequência da busca (coluna 1), estrutura de busca (coluna 2), quantidade de produções encontradas no Google Acadêmico (coluna 3) e quantidade de documentos encontrados quando se utilizou o filtro “artigos de revisão” (coluna 4), visto que o *corpus* desta investigação considera somente este tipo de documento na inclusão do *corpus*.

As quantidades apresentadas, na coluna 3, refletem as procuras que foram feitas, digitando-se a estrutura de busca no campo destinado, deixando marcada a opção “em qualquer

idioma”. As quantidades expressas, na coluna 4, dizem respeito às buscas quando se considera o filtro “apenas artigos de revisão” e desmarcando-se as opções “incluir patentes” e “incluir citações”.

Quadro 15 – Estruturas de buscas e resultados.

Número da busca	Estrutura de busca	Documentos recuperados	Filtro “apenas artigo de revisão” selecionado
1	neurociência AND matemática	26900	852
2	neurociências AND matemática	22700	848
3	“neurociência cognitiva” AND matemática	5580	110
4	neurociência AND “educação matemática”	2040	45
5	neurociências AND “educação matemática”	2000	45
6	“neurociência cognitiva” AND “educação matemática”	295	21
7	neurociência AND “ensino de matemática”	1300	24
8	neurociências AND “ensino de matemática”	1280	24
9	“neurociência cognitiva” AND “ensino de matemática”	209	6
10	neurociência AND “ensino da matemática”	1260	12
11	neurociências AND “ensino da matemática”	1220	12
12	“neurociência cognitiva” AND “ensino da matemática”	177	3
13	neurociência AND “aprendizagem de matemática”	623	16
14	neurociências AND “aprendizagem de matemática”	607	16
15	“neurociência cognitiva” AND “aprendizagem de matemática”	115	5
16	neurociência AND “aprendizagem da matemática”	983	22
17	neurociências AND “aprendizagem da matemática”	955	22
18	“neurociência cognitiva” AND “aprendizagem da matemática”	169	6
19	neurociência AND matemática AND atenção	18800	264
20	neurociências AND matemática AND atenção	17200	260
21	“neurociência cognitiva” AND matemática AND atenção	1940	45
22	neurociência AND matemática AND memória	21800	522
23	neurociências AND matemática AND memória	19700	519
24	“neurociência cognitiva” AND matemática AND memória	4790	101
25	neurociência AND matemática AND motivação	18800	274
26	neurociências AND matemática AND motivação	17200	272
27	“neurociência cognitiva” AND matemática AND motivação	2940	57
28	neurociência AND matemática AND emoção	13900	143
29	neurociências AND matemática AND emoção	13200	144
30	“neurociência cognitiva” AND matemática AND emoção	1490	39
31	neurociência AND “educação matemática” AND atenção	1600	25
32	neurociências AND “educação matemática” AND atenção	1570	25

33	“neurociência cognitiva” AND “educação matemática” AND atenção	227	8
34	neurociência AND “educação matemática” AND memória	1340	25
35	neurociências AND “educação matemática” AND memória	14700	193
36	“neurociência cognitiva” AND “educação matemática” AND memória	222	11
37	neurociência AND “educação matemática” AND motivação	1360	28
38	neurociências AND “educação matemática” AND motivação	1330	28
39	“neurociência cognitiva” AND “educação matemática” AND motivação	190	9
40	neurociência AND “educação matemática” AND emoção	916	13
41	neurociências AND “educação matemática” AND emoção	890	13
42	“neurociência cognitiva” AND “educação matemática” AND emoção	152	7
43	neurociência AND “ensino de matemática” AND atenção	1060	16
44	neurociências AND “ensino de matemática” AND atenção	1040	16
45	“neurociência cognitiva” AND “ensino de matemática” AND atenção	164	5
46	neurociência AND “ensino de matemática” AND memória	857	12
47	neurociências AND “ensino de matemática” AND memória	13400	149
48	“neurociência cognitiva” AND “ensino de matemática” AND memória	150	5
49	neurociência AND “ensino de matemática” AND motivação	923	17
50	neurociências AND “ensino de matemática” AND motivação	904	17
51	“neurociência cognitiva” AND “ensino de matemática” AND motivação	147	5
52	neurociência AND “ensino de matemática” AND emoção	570	9
53	neurociências AND “ensino de matemática” AND emoção	554	9
54	“neurociência cognitiva” AND “ensino de matemática” AND emoção	104	4
55	neurociência AND “ensino da matemática” AND atenção	1060	10
56	neurociências AND “ensino da matemática” AND atenção	1030	10
57	“neurociência cognitiva” AND “ensino da matemática” AND atenção	1700	36
58	neurociência AND “ensino da matemática” AND memória	880	9
59	neurociências AND “ensino da matemática” AND memória	859	9
60	“neurociência cognitiva” AND “ensino da matemática” AND memória	141	3
61	neurociência AND “ensino da matemática” AND motivação	929	10
62	neurociências AND “ensino da matemática” AND motivação	902	10
63	“neurociência cognitiva” AND “ensino da matemática” AND motivação	129	3
64	neurociência AND “ensino da matemática” AND emoção	627	5
65	neurociências AND “ensino da matemática” AND emoção	608	5
66	“neurociência cognitiva” AND “ensino da matemática” AND emoção	100	2
67	neurociência AND “aprendizagem de matemática” AND atenção	535	13
68	neurociências AND “aprendizagem de matemática” AND atenção	521	13
69	“neurociência cognitiva” AND “aprendizagem de matemática” AND atenção	99	5
70	neurociência AND “aprendizagem de matemática” AND memória	439	9
71	neurociências AND “aprendizagem de matemática” AND memória	427	9
72	“neurociência cognitiva” AND “aprendizagem de matemática” AND memória	91	5
73	neurociência AND “aprendizagem de matemática” AND motivação	469	12
74	neurociências AND “aprendizagem de matemática” AND motivação	457	12

75	“neurociência cognitiva” AND “aprendizagem de matemática” AND motivação	90	4
76	neurociência AND “aprendizagem de matemática” AND emoção	292	5
77	neurociências AND “aprendizagem de matemática” AND emoção	284	5
78	“neurociência cognitiva” AND “aprendizagem de matemática” AND emoção	68	3
79	neurociência AND “aprendizagem da matemática” AND atenção	870	18
80	neurociências AND “aprendizagem da matemática” AND atenção	845	18
81	“neurociência cognitiva” AND “aprendizagem da matemática” AND atenção	157	5
82	neurociência AND “aprendizagem da matemática” AND memória	755	17
83	neurociências AND “aprendizagem da matemática” AND memória	731	17
84	“neurociência cognitiva” AND “aprendizagem da matemática” AND memória	151	6
85	neurociência AND “aprendizagem da matemática” AND motivação	740	12
86	neurociências AND “aprendizagem da matemática” AND motivação	718	12
87	“neurociência cognitiva” AND “aprendizagem da matemática” AND motivação	128	4
88	neurociência AND “aprendizagem da matemática” AND emoção	484	9
89	neurociências AND “aprendizagem da matemática” AND emoção	464	9
90	“neurociência cognitiva” AND “aprendizagem da matemática” AND emoção	97	4
91	neurociência AND “aprendizagem em matemática” AND atenção	329	8
92	neurociências AND “aprendizagem em matemática” AND atenção	322	8
93	“neurociência cognitiva” AND “aprendizagem em matemática” AND atenção	74	4
94	neurociência AND “aprendizagem em matemática” AND memória	276	7
95	neurociências AND “aprendizagem em matemática” AND memória	270	7
96	“neurociência cognitiva” AND “aprendizagem em matemática” AND memória	71	4
97	neurociência AND “aprendizagem em matemática” AND motivação	283	8
98	neurociências AND “aprendizagem em matemática” AND motivação	277	8
99	“neurociência cognitiva” AND “aprendizagem em matemática” AND motivação	63	4
100	neurociência AND “aprendizagem em matemática” AND emoção	179	2
101	neurociências AND “aprendizagem em matemática” AND emoção	175	2
102	“neurociência cognitiva” AND “aprendizagem em matemática” AND emoção	50	2

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

7 METANÁLISE QUALITATIVA – PRINCÍPIOS E PROCEDIMENTOS

Neste capítulo são descritas as etapas da Metanálise Qualitativa. As etapas realizadas nesta tese, foram: 1) formulação da pergunta; 2) localização e seleção dos estudos; 3) avaliação crítica dos estudos; 4) coleta de dados; 5) análise e apresentação de dados; 6) interpretação dos dados; e 7) aprimoramento e atualização da revisão.

7.1 ETAPA 1 – FORMULAÇÃO DA PERGUNTA

A questão norteadora desta investigação é a seguinte: **Quais são as categorias teóricas presentes em estudos que congregam Neurociências e Ensino/Educação Matemática que podem subsidiar a construção de indicadores qualitativos para que os docentes consigam avaliar atributos da Neurociência em aulas de Matemática?**

7.2 ETAPA 2 – LOCALIZAÇÃO E SELEÇÃO DOS ESTUDOS

Nesta etapa da pesquisa, foram tomadas decisões relativas aos seguintes aspectos: **tipos de documentos** considerados para a compor o *corpus*, as **estruturas de busca** utilizadas em diferentes idiomas, o **período temporal**, o **processo de seleção inicial**, bem como os **critérios de inclusão e exclusão considerados**. Em relação ao tipo de documentos para compor o *corpus*, optou-se por considerar **artigos científicos de periódicos**. Tal escolha se justifica em função destas produções serem revisadas por pares, o que, de certo modo, lhes confere qualidade, rigor científico e validade. Inicialmente, na ocasião de qualificação do projeto de tese, a expectativa era considerar somente artigos presentes em periódicos *Qualis A1* nas áreas de Educação e Ensino. Entretanto, após iniciar as buscas, constatou-se um número relativamente baixo de produções que associavam as palavras consideradas para a elaboração das estruturas de buscas (Neurociência, Neurociências, Neurociência Cognitiva, Educação Matemática, Ensino de Matemática, Ensino da Matemática, Aprendizagem de Matemática, Aprendizagem da Matemática, Aprendizagem em Matemática, Matemática, atenção, memória, motivação e emoção), como se pode observar no Quadro 15 apresentado anteriormente. Deste modo, o critério relativo ao *qualis*, em princípio, foi desconsiderado.

Os artigos científicos considerados foram acessados a partir de três bancos/bases eletrônicas, quais sejam: 1) Google Acadêmico (GA); 2) *Scopus*; 3) *Web of Science* (WoS), cuja apresentação e detalhamento das respectivas características já foram devidamente elencadas na seção 6.1 (Bases). O processo de busca e seleção ocorreu antes da qualificação entre 2020 e 2021, sendo revisado no período de janeiro a abril de 2023, antes da defesa final.

Para acesso às bases, optou-se por elaborar uma estrutura única de busca, considerando as seguintes palavras: Neurociência, Neurociências, “Neurociência Cognitiva”, “Educação Matemática”, “Ensino de Matemática”, “Ensino da Matemática”, “Aprendizagem de Matemática”, “Aprendizagem da Matemática”, “Aprendizagem em Matemática”, Matemática, atenção, memória, motivação e emoção. Deste modo, a estrutura de busca ficou configurada da

seguinte forma: **(Neurociência OR Neurociências OR “Neurociência Cognitiva”) AND (Matemática OR “Educação Matemática” OR “Ensino de Matemática” OR “Ensino da Matemática” OR “Aprendizagem de Matemática” OR “Aprendizagem da Matemática” OR “Aprendizagem em Matemática”) AND (Atenção OR Memória OR Motivação OR Emoção)**. Cabe salientar que a mesma estrutura de busca foi utilizada com tradução para Língua Espanhola (LE) e Língua Inglesa (LI).

Utilizou-se a estrutura de busca elaborada em cada uma das bases e considerou-se um recorde temporal de 15 anos (2008-2022) para a investigação de documentos. A seguir, apresentam-se os procedimentos efetivados em cada busca e discorre-se sobre os resultados obtidos.

7.2.1 Busca dos estudos no Google Acadêmico em LP

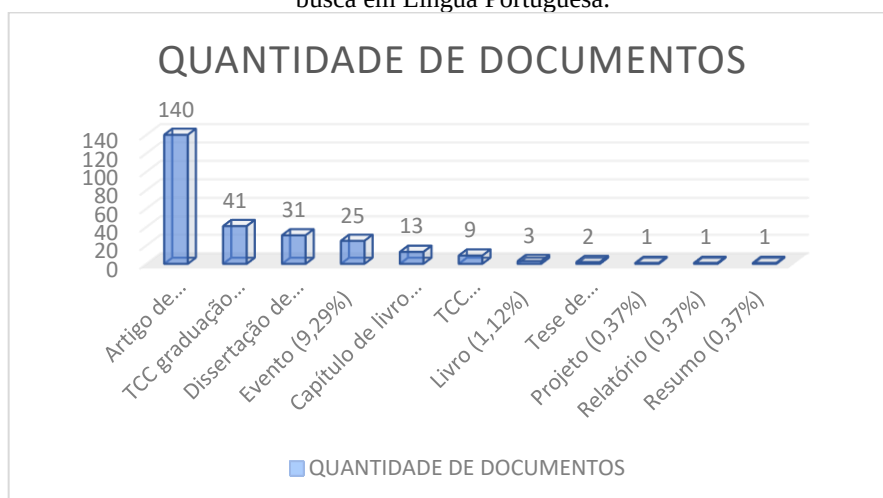
Utilizando a estrutura de busca em LP **(Neurociência OR Neurociências OR “Neurociência Cognitiva”) AND (Matemática OR “Educação Matemática” OR “Ensino de Matemática” OR “Ensino da Matemática” OR “Aprendizagem de Matemática” OR “Aprendizagem da Matemática” OR “Aprendizagem em Matemática”) AND (Atenção OR Memória OR Motivação OR Emoção)** – e sem uso de recorte temporal, ou qualquer outro filtro, foram encontrados 19.900 títulos. Depois disso, desmarcou-se a opção “incluir citações” e escolheu-se a opção “artigos de revisão”, tendo um retorno de 278 documentos. Desses, 11 apareceram duplicados na busca, e, por esse motivo, foram considerados para possível inclusão no *corpus* somente 267 resultados. Cabe salientar que a busca foi revisada em 14 de abril de 2023. Desse modo, caso a mesma busca seja realizada novamente, o retorno do pesquisador poderá apresentar divergências.

Com os dados desta busca, elaborou-se uma planilha eletrônica contendo as seguintes informações: número de sequência, tipo (artigo de periódico, capítulo de livro, dissertação de mestrado, evento, livro, projeto, relatório, resumo, trabalho de conclusão de curso de graduação, trabalho de conclusão de curso de especialização e tese), título, ano, autor (es), instituição (instituição que edita a revista, local onde ocorreu a defesa do TCC de graduação, especialização, dissertação ou tese, instituição promotora do evento, dependendo do caso), revista, ISSN, *qualis* capes, indicação de ser estrangeiro ou não, evento, observação e critério de exclusão. Ao realizar o preenchimento da tabela, utilizou-se a sigla NA (não se aplica) para indicar que aquele critério não se aplicava àquele documento. Por exemplo, para dissertação de mestrado não há *qualis*, portanto, o campo foi preenchido com NA.

Quantitativamente, os documentos da referida busca ficaram assim distribuídos: 140 artigos (52,43%), 41 trabalhos de conclusão de curso de graduação (15,36%), 31 dissertações de mestrado (11,61%), 25 trabalhos apresentados em eventos (9,36%), 13 capítulos de livro (4,87%), 9 trabalhos de conclusão de curso de especialização (3,37%), 3 livros (1,12%), 2 teses de doutorado (0,75%), 1 projeto (0,37%), 1 relatório (0,37%) e 1 resumo (0,37%).

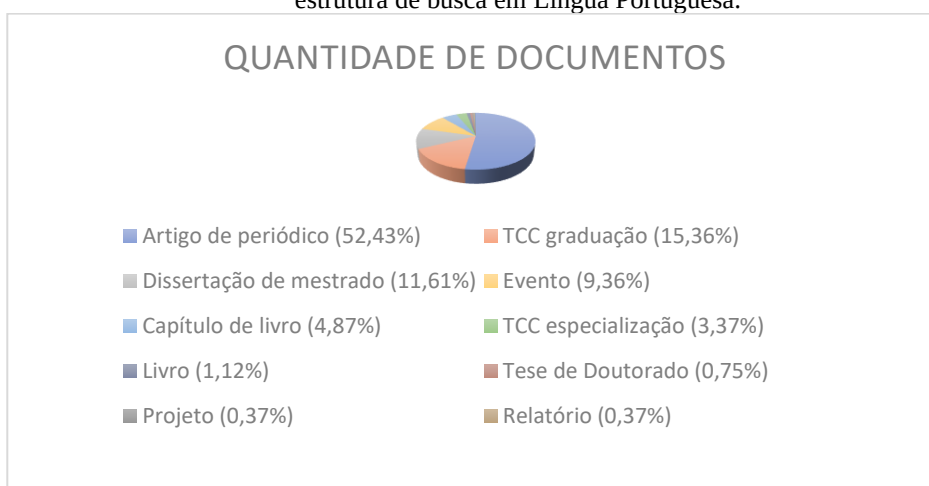
Graficamente, a distribuição de documentos da referida busca é a seguinte conforme as Figuras 5 e 6:

Figura 5 – Distribuição de documentos encontrados na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Portuguesa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 6 – Distribuição percentual de documentos encontrados na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Portuguesa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Inicialmente, desconsiderou-se todos os documentos que não são artigos de periódicos, visto que este era um dos critérios de inclusão, resultando, portanto, na exclusão de 127

documentos. A seguir, apresenta-se a caracterização dos 140 artigos encontrados nessa busca, considerando diferentes critérios.

Com relação ao ano de publicação dos artigos, pode-se inferir que, considerando documentos que congreguem os descritores já citados, iniciaram em 2002 de forma bastante tímida. Somente entre os anos de 2018 e 2022 houve um crescimento significativo da quantidade de artigos publicados, o que pode denotar aumento do interesse pelo tema por parte dos pesquisadores. De certo modo, pode-se inferir que pesquisas que giram em torno da Neurociência e seus atributos são bastante recentes, levando em conta o recorte desta tese. Apresenta-se a seguir, na Figura 7, a distribuição ano a ano (2002 a 2022) da quantidade de artigos encontrados, considerando a estrutura de busca elaborada e usando a ferramenta GA em LP. Ressalta-se que se optou por deixar o ano de 2023 fora da representação em função do ano estar em andamento.

Figura 7 – Frequência absoluta de artigos encontrados na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Portuguesa.

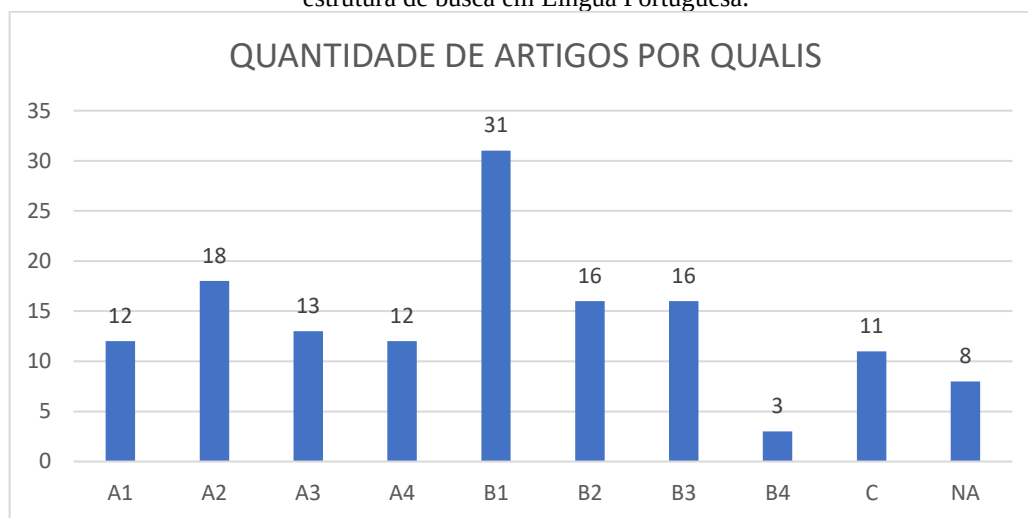


Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Considerando como critério o *qualis* dos artigos, observa-se que a maioria deles se encontra no estrato B1 (31 publicações, representando 22,14% do total). A menor quantidade de artigos está concentrada no estrato B4 (3 publicações, representando 2,14% do total). Percebe-se que 55 artigos estão posicionados nos estratos A – A1, A2, A3 ou A4, representando 39,29% do total. Pode-se inferir que 66 artigos estão posicionados nos estratos B – B1, B2, B3

e B4, representando 47,14% do total de documentos do tipo artigo. Por fim, 11 artigos se encontram no estrato C, representando 7,86% do total e 8 artigos, correspondente a 5,71% do total, estando publicados em periódicos que não possuem classificação *qualis*. A seguir, apresenta-se um gráfico na Figura 8 com a classificação dos 140 artigos, considerando o *qualis* como critério de classificação.

Figura 8 – Frequência absoluta de artigos por *qualis* encontrados na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Portuguesa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Após breve caracterização dos artigos, apresenta-se a Tabela 1 com os motivos pelos quais houve a exclusão de documentos para a constituição do *corpus*. Ressalta-se que há documentos que poderiam ser enquadrados em mais de um critério de exclusão, entretanto, apenas um foi considerado já que este se apresenta como suficiente para desconsiderar o artigo.

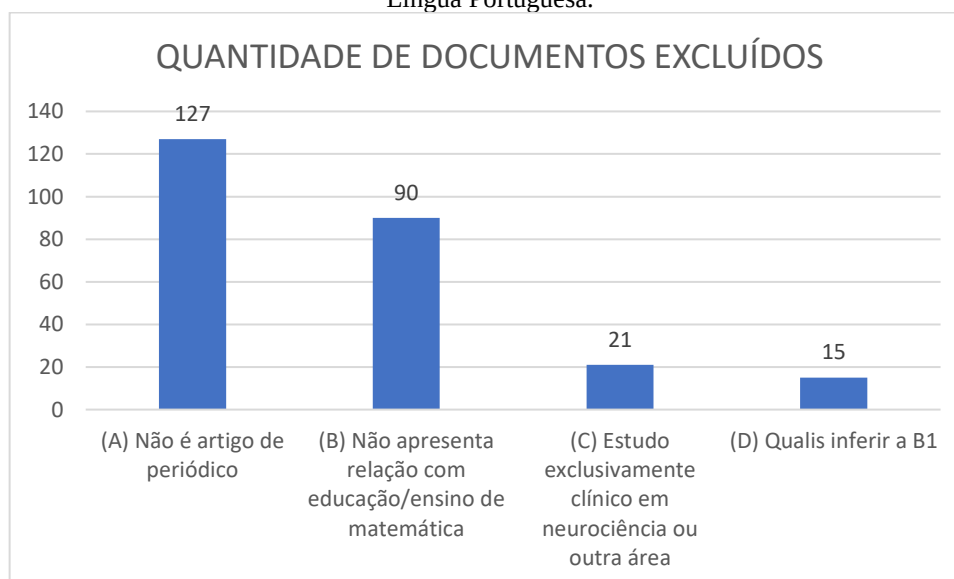
Tabela 1 – Motivos de exclusão dos artigos encontrados na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Portuguesa.

MOTIVO DE EXCLUSÃO DO ARTIGO	QUANTIDADE DE ARTIGOS	FREQUÊNCIA RELATIVA
(A) Não é artigo de periódico	127	50,20%
(B) Não apresenta relação com educação/ensino de Matemática	90	35,57%
(C) Estudo exclusivamente clínico em Neurociência ou outra área	21	8,30%
(D) <i>Qualis</i> inferior a B1	15	5,93%
TOTAL	253	100,00%

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Pode-se inferir que a maioria dos documentos foi desconsiderada em função de não ser estudo publicado em periódico científico, representando mais da metade dos documentos encontrado na primeira pesquisa (127 documentos, ou seja, 50,20%), seguido de 90 apontamentos que não possuem qualquer relação com Educação/Ensino de Matemática (representando 35,57% do total). Por fim, 21 estudos (representando 8,30% do total) foram excluídos por se tratar de estudos exclusivamente clínicos em Neurociência ou em outra área de conhecimento, como Educação Física ou Fisioterapia, por exemplo, e 15 artigos foram excluídos por estarem publicados em periódicos com *qualis* inferior a B1 (5,93% do total). A seguir, apresenta-se esses dados graficamente na Figura 9.

Figura 9 - Distribuição de documentos excluídos na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Portuguesa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Deste modo, 14 artigos foram, previamente, selecionados na primeira busca que considerou a estrutura em Língua Portuguesa utilizando o buscador Google Acadêmico. Os documentos que foram selecionados estão a seguir relacionados no Quadro 16:

Quadro 16 – Resultados da busca 1 - Artigos selecionados no Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Portuguesa.

IDENTIFICAÇÃO DO ARTIGO	REFERÊNCIA COMPLETA DO ARTIGO
A1	FERREIRA, H. S.; GONÇALVES, T. O.; LAMEIRÃO, S. V. O. C. Aproximações entre neurociências e educação: uma revisão sistemática. Revista Exitus . Santarém/PA, v. 9, n. 3, p. 636-662, jul./set. 2019.
A2	MOURA-SILVA, M. G.; NETO, J. B. T.; GONÇALVES, T. O. Bases neurais da ansiedade matemática: implicações para o processo de ensino-aprendizagem. BOLEMA . Rio Claro/SP, v. 34, n. 66, p. 246-267, abr. 2020.
A3	ZARDO, A. L.; SCHROEDER, T. M. R. Educação e neurociências: uma revisão de literatura sobre funções executivas. Concilium . v. 23, n. 2, p. 318-328, fev. 2023.
A4	FLOR, C. M. Contribuições de estudos empíricos da neurociência educacional às práticas educativas no período entre 2008 a 2013: revisão sistemática. Aletheia . Canoas/RS, v. 50, n. 1-2, p. 123-131, jan./dez. 2017.
A5	OLIVEIRA, M. F.; NEGREIROS, J. G. M.; NEVES, A. C. Condicionantes da aprendizagem da matemática: uma revisão sistemática da literatura. Educação e Pesquisa . São Paulo, v. 41, n. 4, p. 1023-1037, out./dez. 2015.
A6	RABELO, J. S. A neurociência na pesquisa e na formação de professores: uma revisão sistemática. Revista Cocar . Belém do Pará/PA, v. 17, n. 35, p. 1-16, 2022.
A7	DIAS, J. G. R.; SANTANA, A. N.; SILVA, J. B.; LAUTERT, S. L. Avaliação psicológica e neuropsicológica em matemática: análise de publicações científicas (2013-2019). Avaliação Psicológica . v. 20, n. 1, p. 23-32, 2021.
A8	SILVA, J. B. L.; MOURA, R. J.; WOOD, G.; HAASE, V. G. Processamento fonológico e desempenho em aritmética: uma revisão da relevância para as dificuldades de aprendizagem. Temas em Psicologia . Ribeirão Preto, v. 23, n. 1, p. 157-173, 2015.
A9	FREITAS, J. P.; OLIVEIRA, G. P. Avaliação da aprendizagem e a constatação do erro do aluno referente ao valor posicional do número: uma revisão de literatura. Revista de Produção Discente em Educação Matemática . São Paulo, v. 11, n. 2, p. 17-30, 2022.
A10	NASCIMENTO, S. C. B.; SILVA, J. D. Resolução de problemas matemáticos como alternativa para o desenvolvimento cerebral e fortalecimento da saúde mental: uma revisão bibliográfica. Revista Eletrônica Acervo Saúde . v. 12, n. 10, p. 1-7, 2020.
A11	AVILA, L. A. B.; LARA, I. C. M.; LIMA, V. M. R. Intervenções psicopedagógicas e discalculia do desenvolvimento: uma revisão sistemática da literatura. Educação Especial . Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 1-21, jan./dez. 2019.

A12	GUEDES, D. F.; BLANCO, M. B.; NETO, J. C. Discalculia: uma revisão sistemática de literatura nas produções brasileiras. Educação Especial . Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 1-16, jan./dez. 2019.
A13	BARROS, P. M.; HAZIN, I. Avaliação das funções executivas na infância: revisão dos conceitos e instrumentos. Psicologia em Pesquisa . Juiz de Fora/MG, v. 7, n. 1, p. 1-10, jan./jun. 2013.
A14	SIQUARA, G. M.; DAZZANI, M. V. M.; ABREU, N. Tarefas que avaliam a memória operacional na infância e adolescência: uma revisão sistemática da literatura. Estudos de Psicologia . Natal/RN, v. 19, n. 4, p. 258-267, out./dez. 2014.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

7.2.2 Busca dos estudos no Google Acadêmico em Língua Espanhola (LE)

Após a busca dos dados no Google Acadêmico em Língua Portuguesa, procedeu-se a busca de documentos em Língua Espanhola para compor o *corpus*. Para tanto, utilizou-se a mesma estrutura única de busca usada anteriormente, entretanto, com as palavras em Língua Espanhola. Deste modo, a estrutura de busca se configurou da seguinte forma: **(Neurociencia OR Neurociencias OR “Neurociencia Cognitiva”) AND (Matemáticas OR “Educación Matemática” OR “Enseñanza de las Matemáticas” OR “Aprendizaje de Matematicas” OR “Aprendizaje en Matematicas”) AND (Atención OR Memoria OR Motivación OR Emoción)**.

Cabe salientar que tal estrutura de busca ficou menor do que a anterior em função da tradução de diferentes termos em português serem similares ao espanhol. Por exemplo: os termos “ensino de matemática” e “ensino da matemática” foram traduzidos para o espanhol como “enseñanza de las matemáticas”, resultando em um único termo na estrutura de busca. Do mesmo modo, os termos “aprendizagem de matemática” e “aprendizagem da matemática” foram traduzidos por “aprendizaje de matemáticas”, resultando em um único termo na estrutura de busca.

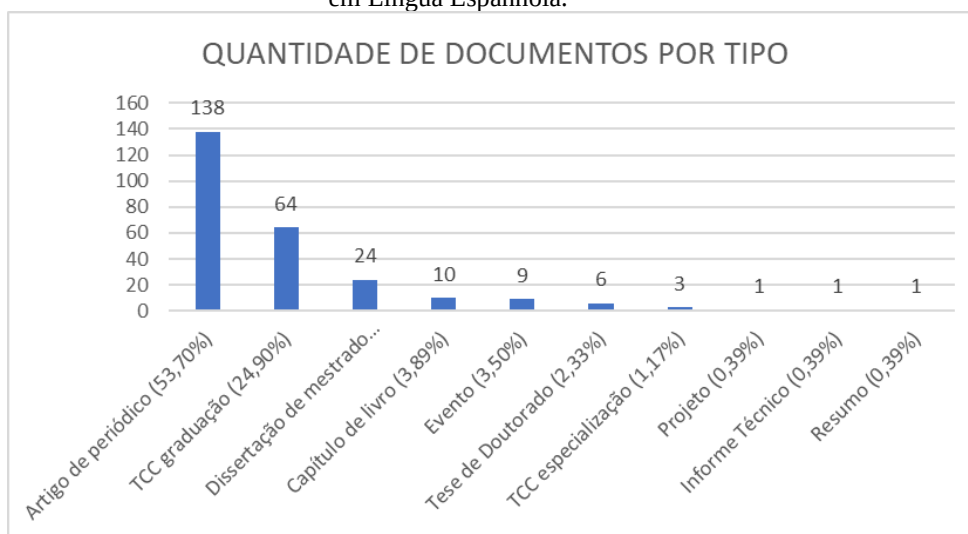
Inserindo a referida estrutura no campo correspondente do buscador, sem uso de recorte temporal, ou qualquer outro filtro, foram encontrados 22.900 títulos. Após, desmarcou-se a opção “incluir citações” e se escolheu a opção “artigos de revisão”, tendo um retorno de 288 documentos. Desses, 30 apareceram duplicados e 1 apareceu triplicado na busca e, por esse motivo, foram considerados para possível inclusão no *corpus* somente 257 resultados. Cabe salientar que a busca foi revisada em 19 de abril de 2023. Desse modo, caso a mesma investigação seja realizada novamente, o retorno do buscador poderá apresentar divergências.

Do mesmo modo que na busca anterior, procedeu-se a elaboração de uma planilha eletrônica para a organização dos dados da investigação, contendo as seguintes informações: número de sequência, tipo (artigo de periódico, capítulo de livro, dissertação de mestrado, evento, livro, projeto, relatório, resumo, trabalho de conclusão de curso de graduação, trabalho de conclusão de curso de especialização e tese), título, ano, autor(es), instituição (instituição que edita a revista, local onde ocorreu a defesa do TCC de graduação, especialização, dissertação ou tese, instituição promotora do evento, dependendo do caso), revista, ISSN, *qualis* CAPES, indicação de ser estrangeiro ou não, evento, observação e critério de exclusão. Ao realizar o preenchimento da tabela, utilizou-se a sigla NA (não se aplica) para indicar que aquele critério não se aplicava àquele documento. Por exemplo, para dissertação de mestrado, não há *qualis* e, portanto, o campo foi preenchido com NA.

Quantitativamente, os documentos da referida busca ficaram assim distribuídos: 138 artigos (53,70%), 64 trabalhos de conclusão de curso de graduação (24,90%), 24 dissertações de mestrado (9,34%), 10 capítulos de livro (3,89%), 9 trabalhos apresentados em eventos (3,50%), 6 teses de doutorado (2,33%), 3 trabalhos de conclusão de especialização (1,17%), 1 projeto (0,39%), 1 informe técnico (0,39%) e 1 resumo (0,39%). Ressalta-se que, com relação à busca anterior, livros e relatórios foram retirados da tabela por não apresentarem documentos correspondentes.

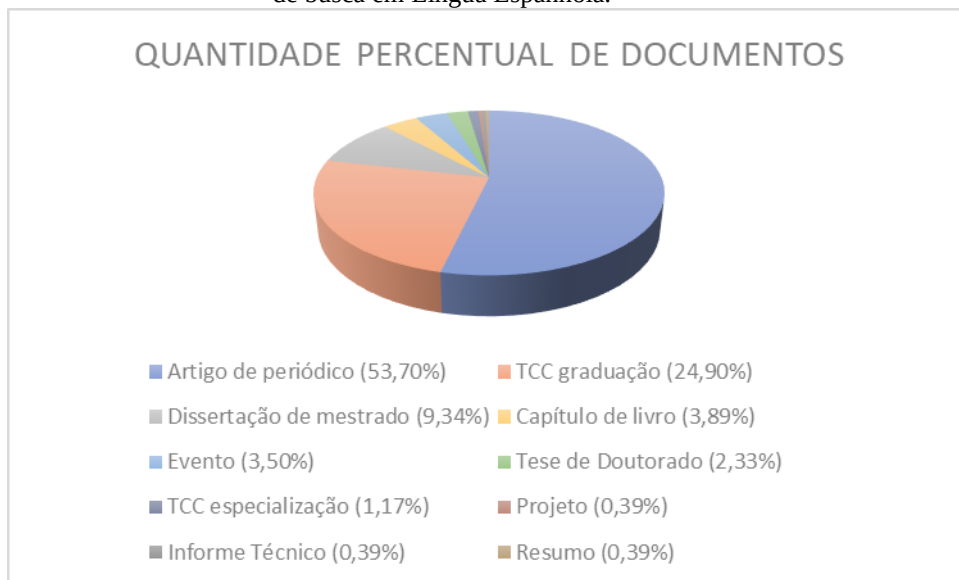
Graficamente, a distribuição de documentos da referida busca é a seguinte, conforme as Figuras 10 e 11 a seguir:

Figura 10 – Distribuição de documentos encontrados na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Espanhola.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 11 – Distribuição percentual de documentos encontrados na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Espanhola.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Inicialmente, desconsiderou-se todos os documentos que não são artigos de periódicos, visto que esse era um dos critérios de inclusão, o que resultou, portanto, na exclusão de 119 documentos. A seguir, apresenta-se a caracterização dos 138 artigos encontrados nessa busca, considerando diferentes critérios.

Com relação ao ano de publicação dos artigos, pode-se inferir que, considerando documentos que congreguem os descritores já citados, as publicações iniciaram em 2002, de forma bastante tímida, mantendo-se estáveis até o ano de 2010, com um pico no ano de 2004. No ano de 2011, as publicações deram um salto de quantidade, passando a um total de 10 publicações. Entre os anos de 2011 e 2018, houve diminuição na quantidade de publicações com o tema considerado. Entretanto, a partir de 2018, houve um crescimento significativo da quantidade de artigos publicados, o que pode denotar aumento do interesse pelo tema por parte dos pesquisadores. Tal crescimento foi observado na primeira busca (usando o GA com a estrutura em LP) neste mesmo período. Ressalta-se que se optou por deixar o ano de 2023 fora da representação em função do ano estar em andamento.

Na Figura 12, encontra-se a frequência dos artigos encontrados nessa busca por ano.

Figura 12 – Frequência absoluta de artigos encontrados na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Espanhola.

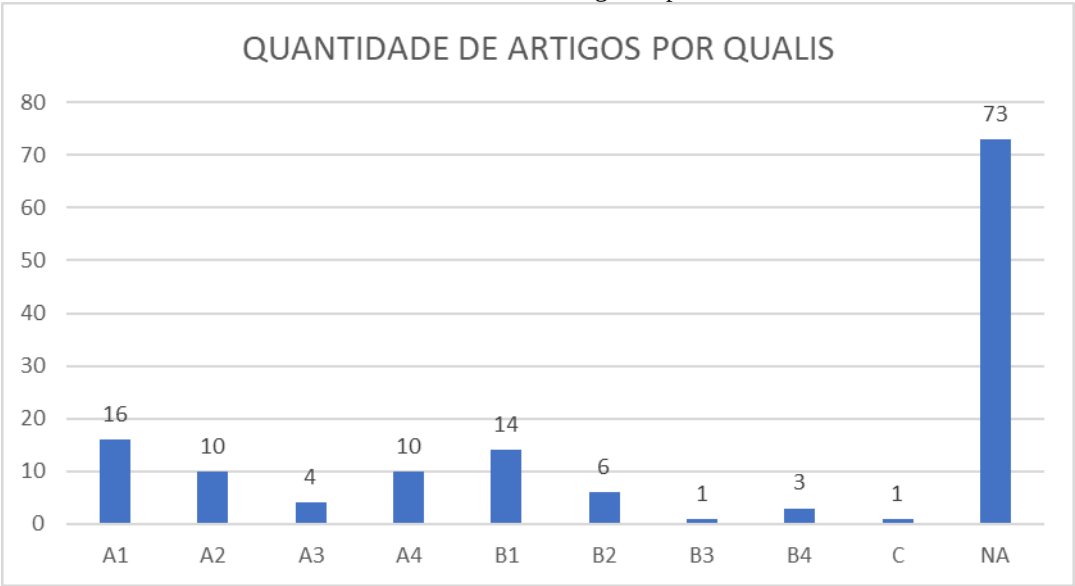


Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Considerando como critério o *qualis* dos artigos (avaliação 2017-2020), observa-se que a maioria deles não está em periódicos avaliados pela CAPES a partir desse critério (73 publicações, representando 52,90% do total). Ressalta-se que o *qualis* é considerado um parâmetro de qualidade de produções científicas brasileiras. Entretanto, como esta busca foi realizada a partir dos descritores em espanhol, a maioria dos artigos que resultaram dessa pesquisa está em periódicos estrangeiros e, provavelmente por esse motivo, tais publicações não estão classificadas no *qualis*.

A menor quantidade de artigos está concentrada no estrato B3 e C (1 publicação em cada, representando 1,44% do total). Percebe-se que 40 artigos estão posicionados nos estratos A – A1, A2, A3 ou A4, representando 28,99% do total. Ainda se pode inferir que 24 artigos estão posicionados nos estratos B – B1, B2, B3 e B4, representando 17,39% do total de documentos do tipo artigo. A seguir, apresenta-se a Figura 13 com a classificação dos 138 artigos, considerando o *qualis* como critério de classificação.

Figura 13 – Frequência absoluta de artigos por *qualis* encontrados na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Espanhola.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Após breve caracterização dos artigos, apresenta-se abaixo a Tabela 2 com os motivos pelas quais houve a exclusão de documentos para a constituição do *corpus*. Ressalta-se que há documentos que poderiam ser enquadrados em mais de um critério de exclusão, entretanto, apenas um critério foi considerado já que este se apresenta como suficiente para desconsiderar o artigo.

Tabela 2 – Motivos de exclusão dos artigos encontrados na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Espanhola.

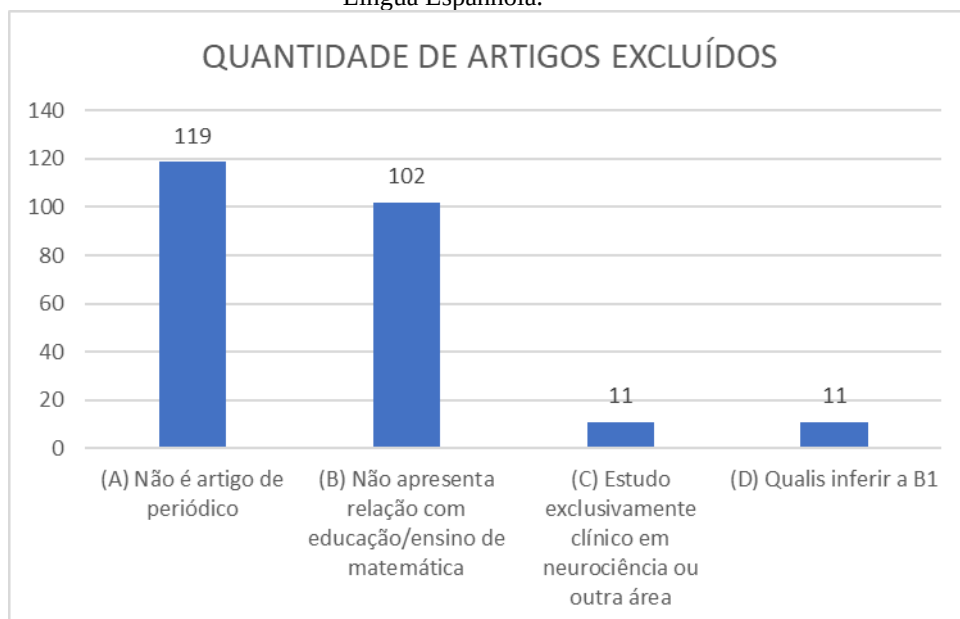
MOTIVO DE EXCLUSÃO DO ARTIGO	QUANTIDADE DE ARTIGOS EXCLUÍDOS	FREQUÊNCIA RELATIVA
(A) Não é artigo de periódico	119	48,97%
(B) Não apresenta relação com Educação/Ensino de Matemática	102	41,98%
(C) Estudo exclusivamente clínico em Neurociência ou em outra área	11	4,53%
(D) <i>Qualis</i> inferior a B1	11	4,53%
TOTAL	243	100,00%

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Pode-se inferir que a maioria dos documentos foi desconsiderada em função de não ser estudo publicado em periódico científico, representando quase metade dos documentos encontrados na segunda pesquisa (119 documentos, representando 48,97%), seguido de 102 apontamentos que não possuem qualquer relação com Educação/Ensino de Matemática (representando 41,98% do total). Por fim, 11 estudos (representando 4,53% do total) foram

excluídos por se tratar de estudos exclusivamente clínicos em Neurociência ou em outra área de conhecimento, como Educação Física ou Fisioterapia, por exemplo, e 11 artigos foram excluídos por estarem publicados em periódicos com *qualis* inferior a B1 (4,53% do total). A seguir, apresenta-se esses dados na Figura 14:

Figura 14 – Distribuição de documentos excluídos na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Espanhola.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Desse modo, 14 artigos foram previamente selecionados na segunda investigação que considerou a estrutura em Língua Espanhola, utilizando o buscador Google Acadêmico. Os documentos que foram selecionados estão a seguir relacionados no Quadro 17:

Quadro 17 – Resultados da busca 2 - Artigos selecionados no Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Espanhola.

IDENTIFICAÇÃO DO ARTIGO	REFERÊNCIA COMPLETA DO ARTIGO
A15	PÉREZ-PUELLES, L. G. Neurociencia educacional: um nuevo desafío para los educadores. Didascalía: didáctica y educación . Las Tunas (Cuba), v. 12, n. 2, p. 157-173, abr./jun. 2021.
A16	PUEBLA, R.; TALMA, M. P. Educación y neurociencias: la conexión que hace falta. Estudios Pedagógicos . Valdivia (Chile), v. 37, n. 2, p. 379-388, 2011.
A17	MIRANDA, M. M. M.; BUILS, R. F.; ROQUETA, C. A. Revisión sistemática del efecto de las funciones ejecutivas en el rendimiento académico. Àgora de Salut . Castelló de la Plana (Espanha), v. 7, n. 1, p. 205-215, 2020.
A18	CAMBEROS, D. I. M.; MORA, E. M.; RAMÍREZ, S. P.; VALBUENA, L. P. A. Revisión sistemática: implicaciones de la memoria de trabajo en el neurosesarrollo y el

	aprendizaje. Revista Iberoamericana de Educación . Madrid (Espanha), v. 3, n. 4, p. 121-159, out./dez., 2020.
A19	STELZER, F.; CERVIGNI, M. A.; MAZZONI, C. Programas de entrenamiento cognitivo de la memoria de trabajo: un análisis comparativo de estudios en niños. Revista Puertorriqueña de Psicología . San Juan (Puerto Rico), v. 24, n. 2, p. 1-17, 2013.
A20	SUSPERREGUY, M. I.; PEAKE, C.; GÓMEZ, D. M. Investigación en cognición numérica em Chile: estado actual, vínculos con la educación y desafíos. Estudios de Psicología . Fundación Infancia y Aprendizaje (Espanha), v. 41, n. 2, p. 404-438, 2020.
A21	PEZZATTI, L.; EDELSZTEIN, V.; HERMIDA, M. J. El aprendizaje de la matemática en la Argentina y su relación con las ciencias cognitivas: oportunidades y desafíos. Estudios de Psicología . Fundación Infancia y Aprendizaje (Espanha), v. 41, n. 2, p. 1-26, 2020.
A22	CHAMIZO, M. A.; URBINA, G. N. R. Cerebro y comportamiento: una revisión. Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento . Córdoba (Argentina), v. 4, n. 2, p. 75-89, ago. 2012.
A23	ARBOLEDA, D. B.; HUAMÁN, M. C. Revisión sistemática sobre educación de la afectividad en jóvenes. Hacer Revista de Investigación y Cultura . Chiclayo-Lambayeque (Perú), v. 11, n. 1, p. 61-71, jan./mar. 2022.
A24	ANZELIN, I.; MARÍN-GUTIÉRREZ, A.; CHOCONTÁ, J. Relación entre la emoción y los procesos de enseñanza aprendizaje. Sophia . Bogotá (Colômbia) v. 16, n. 1, p. 48-64, jan./jun. 2020.
A25	ZAFRA, C. A.; RODRÍGUEZ, F. J. D.; RUIZ, A. P. Incidencia de la inteligencia emocional en los rendimientos escolares: una revisión teórica. Dilemas Contemporáneos: educación, política y valores . Toluca (México) v. 7, n. 1, p. 1-25, set./dez., 2019.
A26	VÉLEZ, M. R. A.; MONTOYA-ZULUAGA, P. A. Revisión teórica sobre la relación entre variables psicológicas, neuropsicológicas y pedagógicas en el proceso de enseñanza/aprendizaje con niños y jóvenes entre los 9 y los 14 años. Journal of Neuroeducation . Barcelona (Espanha) v. 2, n. 2, p. 44-56, fev. 2022.
A27	MARTÍN-LOBO, P.; MUELAS, A.; MARTÍNEZ, I.; PRADAS, S.; MAGREÑÁN, A. A study of 16 years old student learning strategies from a neuropsychological perspective: an intervention proposal. Trends in Neuroscience and Education . Leimgrubenweg (Alemenha) v. 1, n. 2, p. 1-43, 2018.
A28	VALDIVIEZO-LOAYZA, M. A.; RIVERA-MUÑOZ, J. L. La inteligencia emocional en la educación, una revisión sistemática en América Latina y el Caribe. Revista Peruana de Investigación e Innovación Educativa . Lima (Perú) v. 2, n. 2, p. 1-10, jul. 2022.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

7.2.3 Busca dos estudos no Google Acadêmico em Língua Inglesa (LI)

Após a busca dos dados no Google Acadêmico em Língua Espanhola, procedeu-se a investigação de documentos em Língua Inglesa para compor o *corpus*. Para tanto, utilizou-se a mesma estrutura única de busca usada anteriormente, entretanto com os termos em inglês. Deste

modo, a estrutura de investigação se configurou da seguinte forma: **(Neuroscience OR Neurosciences OR “Cognitive Neuroscience”) AND (Mathematic OR Mathematics OR “Mathematic Education” OR “Mathematics Education” OR “Mathematic Teaching” OR “Mathematics Teaching” OR “Mathematic Learning” OR “Mathematics Learning”) AND (Attention OR Memory OR Motivation OR Emotion).**

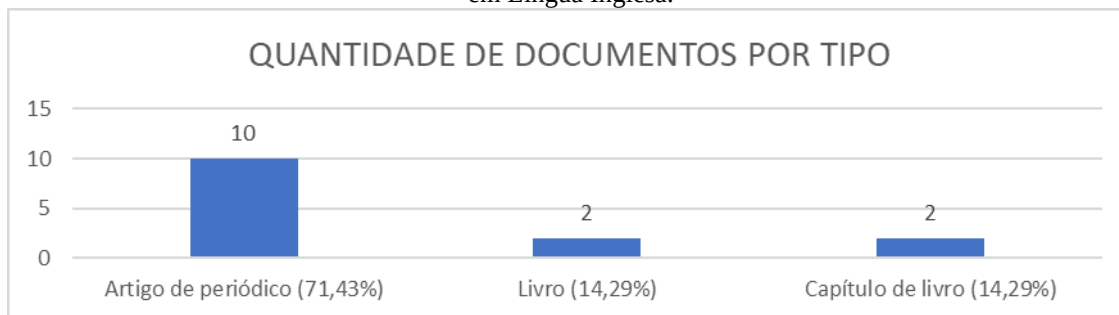
Inserindo a referida estrutura no campo do buscador, sem uso de recorte temporal ou qualquer outro filtro, foram encontrados 392 títulos. Depois disso, desmarcou-se a opção “incluir citações” e escolheu-se a opção “artigos de revisão”, tendo um retorno de 16 documentos. Destes, 1 apareceu triplicado na busca e, por esse motivo, foram considerados para possível inclusão no *corpus* somente 14 resultados. Cabe salientar que essa busca foi revisada em 02 de maio de 2023. Desse modo, caso a mesma procura seja realizada novamente, o retorno do buscador poderá apresentar divergências.

Do mesmo modo que feito anteriormente, procedeu-se a elaboração de uma planilha eletrônica para a organização dos dados da busca contendo as seguintes informações: número de sequência, tipo (artigo de periódico, capítulo de livro ou livro completo), título, ano, autor (es), instituição (instituição que edita a revista ou o livro), revista, ISSN, *qualis* CAPES, indicação de ser estrangeiro ou não, observação, nome do evento (se for o caso) e critério de exclusão. Ao realizar o preenchimento da planilha, utilizou-se a sigla NA (não se aplica) para indicar que determinado critério não se aplicava àquele documento. Por exemplo, para livros completos ou capítulos de livros, não há classificação no *qualis* e, portanto, o campo foi preenchido com NA.

Quantitativamente, os documentos da referida busca ficaram assim distribuídos: 10 artigos (71,43%), 2 livros completos (14,29%) e 2 capítulos de livros (14,29%). Ressaltam-se que, com relação à busca anterior, trabalho de conclusão de curso de graduação (TCC), dissertação de mestrado, tese de doutorado, evento, trabalho de conclusão de curso de especialização, projeto, informe técnico e resumo foram retirados da planilha por não apresentarem documentos correspondentes.

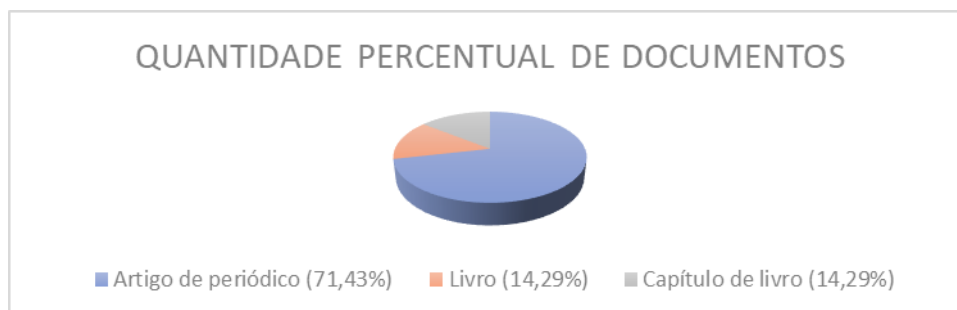
Graficamente, a distribuição de documentos da referida busca é a seguinte conforme segue nas figuras 15 e 16:

Figura 15 – Distribuição de documentos encontrados na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Inglesa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 16 – Distribuição percentual de documentos encontrados na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Inglesa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Inicialmente, desconsiderou-se todos os documentos que não são artigos de periódicos, visto que este foi um dos critérios de inclusão, resultando, portanto, na exclusão de 4 apontamentos. Dos documentos recuperados nesta busca, 10 correspondiam a artigos de periódicos.

Com relação ao ano de publicação dos artigos, pode-se inferir que, considerando documentos que congreguem os descritores já citados em Língua Inglesa no Google Acadêmico, as publicações não apresentaram crescimento com o passar dos anos, como ocorreu nas outras duas buscas anteriores (Língua Portuguesa e Língua Espanhola no Google Acadêmico). Observa-se que publicações que congreguem Neurociência a Educação/Ensino de Matemática iniciaram somente no ano de 2007. O ano de 2017 foi o que teve maior quantidade de publicações (2 artigos). Considerando o intervalo de anos entre 2002 e 2023, só houve publicações nos seguintes anos: 2007 (1), 2011 (1), 2015 (1), 2017 (2), 2018 (1), 2020 (1), 2021 (1), 2022 (1).

Figura 17 – Frequência absoluta de artigos encontrados na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Inglesa.

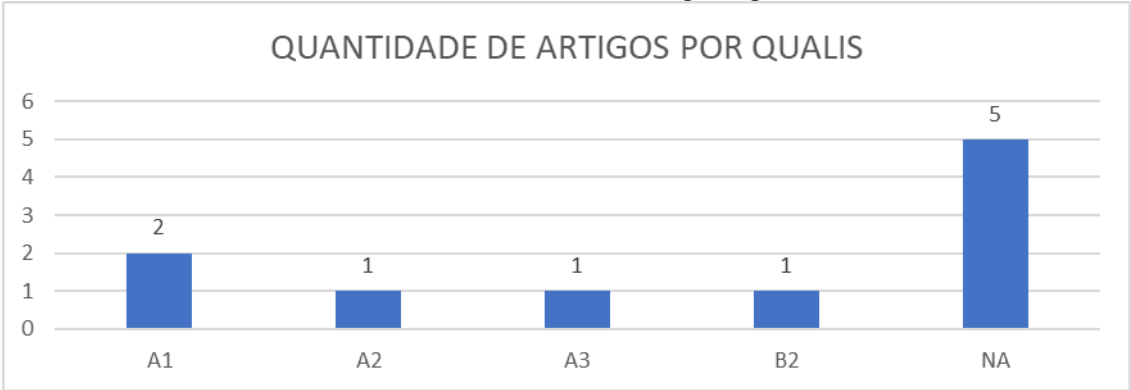


Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Apreciando o *qualis* dos artigos (avaliação 2017-2020), observa-se que a maioria deles não está em periódicos avaliados pela CAPES a partir deste critério (5 publicações, representando 50% do total). Ressalta-se que o *qualis* é considerado um parâmetro de qualidade de produções científicas brasileiras. Entretanto, como esta busca foi realizada a partir dos descritores em inglês, todos os artigos que resultaram desta pesquisa estão em periódicos estrangeiros e, provavelmente, por esse motivo, não estão classificados no *qualis*.

A menor quantidade de artigos está concentrada nos estratos A2, A3 e B2 (1 publicação em cada, representando 30% do total). Percebe-se que 4 artigos estão posicionados nos estratos A – A1, A2, A3 ou A4, representando 40% do total. Pode-se inferir que apenas 1 artigo está posicionado nos estratos B – B1, B2, B3 e B4, representando 10% do total de documentos do tipo artigo. Ressalta-se que não foi exibido nenhum resultado para os estratos A4, B1, B3, B4 e C e, por esse motivo, esses estratos foram suprimidos do gráfico. A seguir, apresenta-se a Figura 18 com a classificação dos 10 artigos, considerando o *qualis* como critério de classificação.

Figura 18 – Frequência absoluta de artigos por *qualis* encontrados na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Inglesa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Após breve caracterização dos artigos, apresenta-se a Tabela 3 com os motivos pelos quais houve a exclusão de documentos para a constituição do *corpus*. Ressalta-se que há documentos que poderiam ser enquadrados em mais de um critério de exclusão, entretanto, apenas um critério foi considerado já que esse se apresenta como suficiente para desconsiderar o artigo.

Tabela 3 – Motivos de exclusão dos artigos encontrados na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Inglesa.

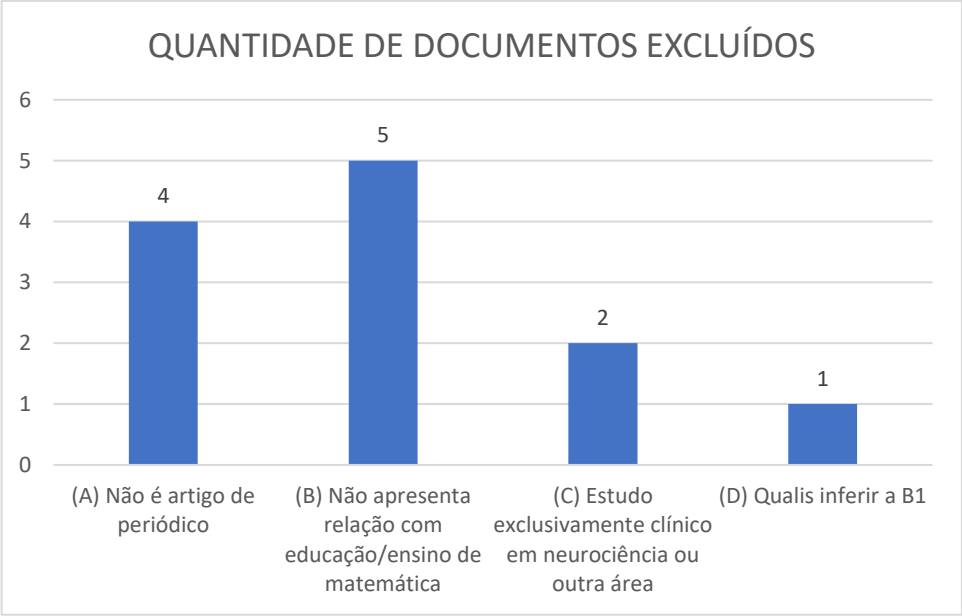
MOTIVO DE EXCLUSÃO DO ARTIGO	QUANTIDADE DE ARTIGOS EXCLUÍDOS	FREQUÊNCIA RELATIVA
(A) Não é artigo de periódico	4	33,33%
(B) Não apresenta relação com Educação/Ensino de Matemática	5	41,67%
(C) Estudo exclusivamente clínico em Neurociência ou em outra área	2	16,67%
(D) <i>Qualis</i> inferior a B1	1	8,33%
TOTAL	12	100,00%

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Pode-se inferir que a maioria dos documentos foi desconsiderada em função de não apresentar relação com Educação/Ensino de Matemática, representando quase metade dos documentos encontrados na terceira pesquisa (5 documentos, representando 41,67%), seguido de 4 documentos que não são artigos de periódico (representando 33,33% do total). Por fim, 2 estudos (representando 16,67% do total) foram excluídos por se tratar de estudos exclusivamente clínicos em Neurociência ou em outra área de conhecimento, como Ciência da Computação ou Filosofia, por exemplo, e 1 artigo foi excluído por estar publicado em periódico

com *qualis* inferior a B1 (8,33% do total). A seguir, apresenta-se esses dados graficamente na Figura 19:

Figura 19 – Distribuição de documentos encontrados na busca do Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Inglesa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Deste modo, 2 artigos foram previamente selecionados na terceira busca que considerou a estrutura em Língua Inglesa utilizando o buscador Google Acadêmico. Os documentos que foram selecionados estão a seguir relacionados no Quadro 18:

Quadro 18 - Resultados da busca 3 - Artigos selecionados no Google Acadêmico com a estrutura de busca em Língua Inglesa.

IDENTIFICAÇÃO DO ARTIGO	REFERÊNCIA COMPLETA DO ARTIGO
A29	MEDRANO, J.; PRATHER, R. W. Rethinking executive functions in mathematical cognition. Journal of Cognition and Development . Victória BC (Canadá), v. 24, n. 2, p. 280-295, 2023.
A30	SULLIVAN, J. V. Learning and embodied cognition: a review and proposal. Psychology Learning and Teaching . Heidelberg (Alemanha), v. 17, n. 2, p. 128-143, 2018.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

7.2.4 Busca dos estudos no *Scopus* em Língua Portuguesa (LP)

Após a busca dos artigos no Google Acadêmico, procedeu-se a coleta de dados na base *Scopus*, utilizando os três idiomas (português, espanhol e inglês) e a mesma estrutura de busca já mencionada, qual seja: **(Neurociência OR Neurociências OR “Neurociência Cognitiva”) AND (Matemática OR “Educação Matemática” OR “Ensino de Matemática” OR “Ensino da Matemática” OR “Aprendizagem de Matemática” OR “Aprendizagem da Matemática” OR “Aprendizagem em Matemática”) AND (Atenção OR Memória OR Motivação OR Emoção)**. No caso desta base, foi necessário realizar acesso remoto, utilizando usuário e senha oferecidos pela PUCRS, visto que esta é uma base de dados paga. Não houve documentos recuperados na base *Scopus* utilizando a estrutura de busca em Língua Portuguesa.

7.2.5 Busca dos estudos no *Scopus* em Língua Espanhola (LE)

Após a busca na base *Scopus* em Língua Portuguesa, procedeu-se à recuperação de documentos na mesma base com a estrutura de busca em Língua Espanhola, sendo exatamente a mesma usada no Google Acadêmico, qual seja: **(Neurociencia OR Neurociencias OR “Neurociencia Cognitiva”) AND (Matemáticas OR “Educación Matemática” OR “Enseñanza de las Matemáticas” OR “Aprendizaje de Matematicas” OR “Aprendizaje en Matematicas”) AND (Atención OR Memoria OR Motivación OR Emoción)**. No caso desta base, foi necessário realizar acesso remoto, utilizando usuário e senha oferecidos pela PUCRS, visto que esta é uma base de dados paga. Não houve documentos recuperados na base *Scopus* utilizando a estrutura de busca em Língua Espanhola.

7.2.6 Busca dos estudos no *Scopus* em Língua Inglesa (LI)

Após a busca na base *Scopus* nas Línguas Portuguesa e Espanhola, procedeu-se à recuperação de documentos na mesma base com a estrutura de busca em Língua Inglesa, sendo exatamente a mesma usada no Google Acadêmico, qual seja: **(Neuroscience OR Neurosciences OR “Cognitive Neuroscience”) AND (Mathematic OR Mathematics OR “Mathematic Education” OR “Mathematics Education” OR “Mathematic Teaching” OR “Mathematics Teaching” OR “Mathematic Learning” OR “Mathematics Learning”)**

AND (Attention OR Memory OR Motivation OR Emotion). No caso desta base, foi necessário realizar acesso remoto, utilizando usuário e senha oferecidos pela PUCRS, visto que esta é uma base de dados paga.

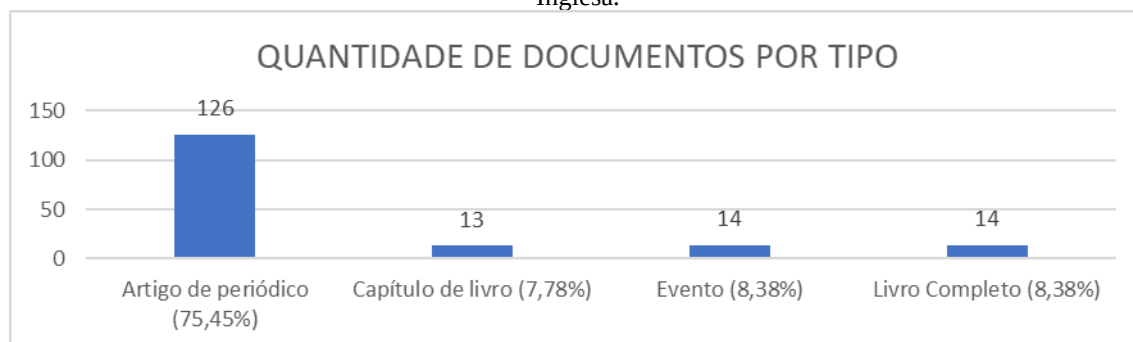
Inserindo a referida estrutura no campo do buscador, sem uso de recorte temporal ou qualquer outro filtro, foram encontrados 169 títulos. Desses, 2 apareceram duplicados e, por esse motivo, foram considerados para possível inclusão no *corpus* somente 167 resultados. Cabe salientar que essa busca foi revisada em 31 de maio de 2023. Desse modo, caso a mesma busca seja realizada novamente, o retorno do buscador poderá apresentar divergências.

Do mesmo modo que na busca anterior, procedeu-se a elaboração de uma planilha eletrônica para a organização dos dados da busca, contendo as seguintes informações: número de sequência, tipo (artigo de periódico, capítulo de livro, evento ou livro completo), título, ano, autor(es), instituição (instituição que edita a revista, livro ou a instituição promotora do evento), revista, ISSN, *qualis* CAPES, indicação de ser estrangeiro ou não, observação, nome do evento (se for o caso) e critério de exclusão. Ao realizar o preenchimento da planilha, utilizou-se a sigla NA (não se aplica) para indicar que determinado critério não se aplicava àquele documento. Por exemplo, para livros completos ou capítulos de livros não há classificação no *qualis*, portanto, o campo foi preenchido com NA.

Quantitativamente, os documentos da referida busca ficaram assim distribuídos: 126 artigos (75,45%), 13 capítulos de livros (7,78%), 14 trabalhos apresentados em eventos (8,38%) e 14 livros completos (8,38%). Ressalta-se que, com relação à busca anterior, os outros tipos de documentos foram retirados da planilha por não apresentarem documentos correspondentes.

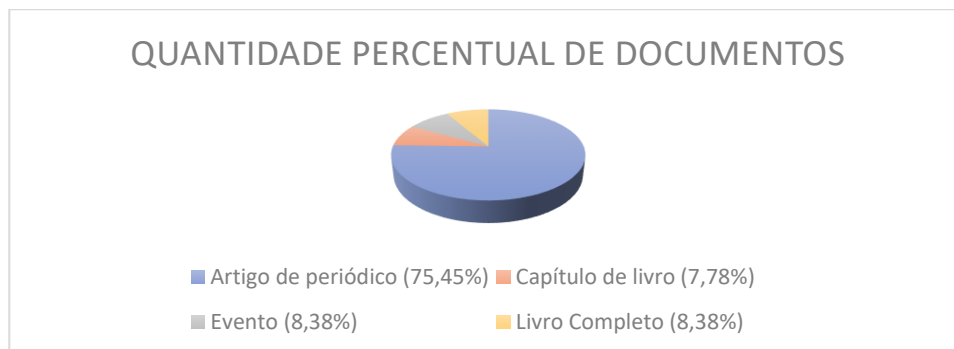
Graficamente, a distribuição de documentos da referida busca é a seguinte conforme as Figuras 20 e 21:

Figura 20 – Distribuição de documentos encontrados na busca no *Scopus* com a estrutura de busca em Língua Inglesa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 21 – Distribuição percentual de documentos encontrados na busca no *Scopus* com a estrutura de busca em Língua Inglesa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Inicialmente, desconsiderou-se todos os documentos que não são artigos de periódicos, visto que esse era um dos critérios de inclusão, resultando, portanto, na exclusão de 41 documentos. A seguir, apresenta-se a caracterização dos 126 artigos encontrados nessa busca, considerando diferentes critérios.

Com relação ao ano de publicação dos artigos, pode-se inferir que, considerando documentos que congreguem os descritores já citados em Língua Inglesa no *Scopus*, as publicações não apresentam crescimento contínuo com o passar dos anos, como ocorreu em buscas anteriores (Língua Portuguesa e Língua Inglesa no Google Acadêmico). Observa-se que no ano de 1987 houve somente uma publicação que congregasse Ensino/Aprendizagem de Matemática e Neurociência. No período de 1988 até o ano 2000, nenhum documento com tal temática foi recuperado nesta busca. Considerando o período de 2001 até 2023, infere-se que não houve constância ou crescimento na quantidade de publicações em torno da temática considerada. Os anos de 2013, 2016, 2018 e 2021 foram os anos em que se constatou a maior quantidade de documentos publicados em torno do assunto Neurociência e Ensino/Aprendizagem de Matemática. A seguir, apresenta-se a Figura 22 com a quantidade de artigos recuperados por ano ao se realizar a busca na base *Scopus* com os termos de busca em Língua Inglesa.

Figura 22 – Frequência absoluta de artigos encontrados na busca da base *Scopus* com a estrutura de busca em Língua Inglesa.

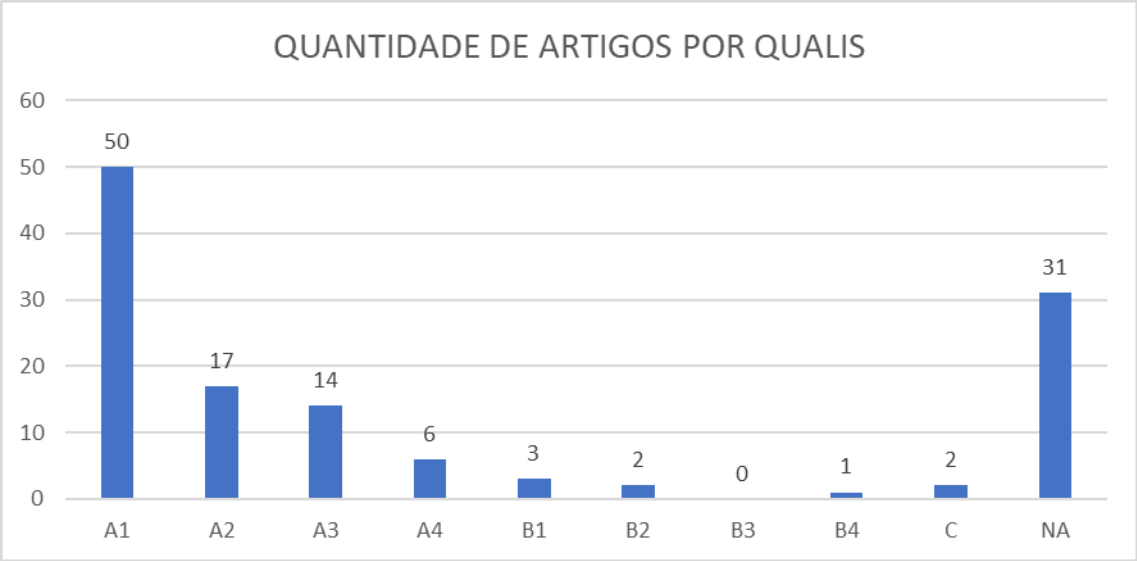


Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Considerando como critério o *qualis* dos artigos (avaliação 2017-2020), observa-se que a maioria deles está publicado em revistas científicas cujo *qualis* é A1 (50 documentos, representando 39,68% do total), seguido por documentos publicados em periódicos que não avaliados pela CAPES (31 documentos, representando 24,60%). Ressalta-se novamente que o *qualis* é considerado um parâmetro de qualidade de produções científicas brasileiras. Como esta busca foi realizada a partir dos descritores em inglês, todos os artigos que resultaram dessa pesquisa estão em periódicos estrangeiros e, provavelmente por esse motivo, não estão classificados no *qualis*.

As menores quantidades de artigos estão concentradas nos estratos B3 (nenhuma publicação, representando 0% do total), B4 (1 publicação, representando 0,79% do total), B2 e C (2 publicações em cada, representando 3,18% do total), B1 (3 publicações, representando 2,38% do total) e A4 (6 publicações, representando 4,76% do total). Percebe-se que 87 artigos estão posicionados nos estratos A – A1, A2, A3 ou A4, representando 69,05% do total. Ainda pode-se inferir que 6 artigos estão posicionados nos estratos B – B1, B2, B3 e B4, representando 4,76% do total de documentos do tipo artigo. A seguir, apresenta-se a Figura 23 com a classificação dos 126 artigos, considerando o *qualis* como critério de classificação.

Figura 23 – Frequência absoluta de artigos por *qualis* encontrados na busca do *Scopus* com a estrutura de busca em Língua Inglesa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Após breve caracterização dos artigos, apresenta-se a Tabela 4 com os motivos pelos quais houve a exclusão de documentos para a constituição do *corpus*. Ressalta-se que há documentos que poderiam ser enquadrados em mais de um critério de exclusão, entretanto, apenas um critério foi considerado já que este se apresenta como suficiente para desconsiderar o artigo.

Tabela 4 – Motivos de exclusão dos artigos encontrados na busca do *Scopus* com a estrutura de busca em Língua Inglesa.

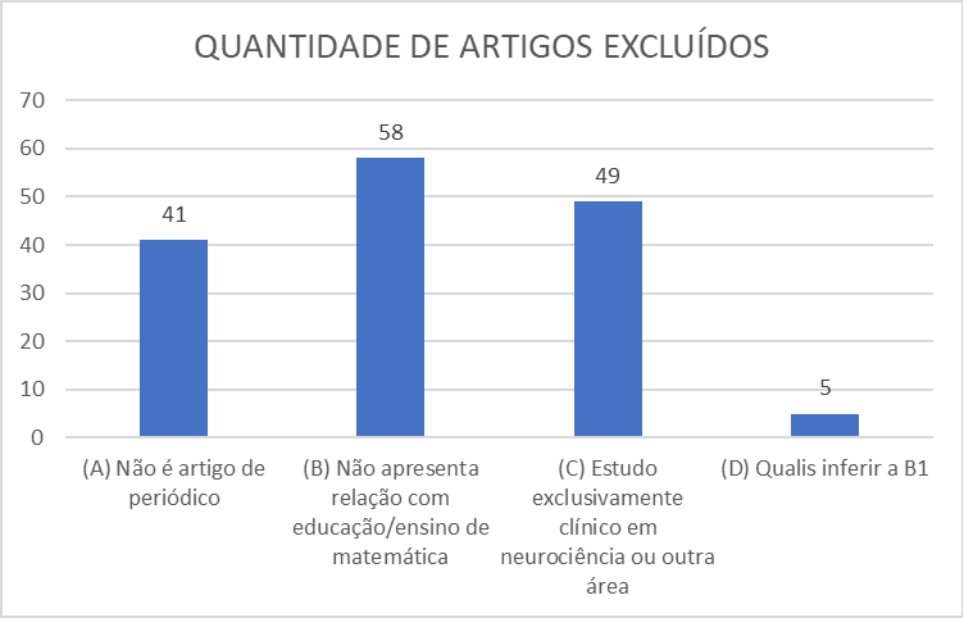
MOTIVO DE EXCLUSÃO DO ARTIGO	QUANTIDADE DE ARTIGOS EXCLUÍDOS	FREQUÊNCIA RELATIVA
(A) Não é artigo de periódico	41	26,80%
(B) Não apresenta relação com Educação/Ensino de Matemática	58	37,91%
(C) Estudo exclusivamente clínico em Neurociência ou outra área	49	32,03%
(D) <i>Qualis</i> inferior a B1	5	3,27%
TOTAL	153	100,00%

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Pode-se inferir que a maioria dos documentos foi desconsiderada em função de não apresentar relação com Educação/Ensino de Matemática (58 documentos, representando 37,91% do total), seguido de 49 documentos que são estudos exclusivamente clínicos em Neurociência ou outra área de conhecimento (representando 32,03% do total). Por fim, 41 estudos (representando 26,80% do total) foram excluídos por não serem artigos de periódicos

e 5 artigos foram excluídos por estarem publicados em periódicos com *qualis* inferior a B1 (3,27% do total). A seguir, apresenta-se esses dados na Figura 23 para facilitar a visualização pelo leitor.

Figura 24 – Distribuição de documentos excluídos na busca do *Scopus* com a estrutura de busca em Língua Inglesa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Deste modo, 14 artigos foram previamente selecionados na sexta busca que considerou a estrutura em Língua Inglesa utilizando a base *Scopus*. Os documentos que foram selecionados estão a seguir relacionados no Quadro 19:

Quadro 19 - Resultados da busca 6 - Artigos selecionados no *Scopus* com a estrutura de busca em Língua Inglesa.

IDENTIFICAÇÃO DO ARTIGO	REFERÊNCIA COMPLETA DO ARTIGO
A31	AMARAN, M. S.; BAKAR, A. Y. A. We feel, therefore we memorize: understanding emotions in learning mathematics using neuroscience research perspectives. Universal Journal of Educational Research . Califórnia (Estados Unidos), v. 8, n. 11B, p. 5943-5950, 2020.
A32	GRANT, J. G.; SIEGEL, L. S.; D’ANGIULLI. A. From schools to scans: a neuroeducational approach to comorbid math and reading disabilities. Frontiers in Public Health . Londres (United Kingdom), v. 8, n. 1, p. 1-25, 2020.
A33	MUTLU, Y.; AKGÜN, L. Using computer for developing arithmetical skills of students with mathematics learning difficulties. International Journal of Research in Education and Science . Leiden (Países Baixos), v. 5, n. 1, p. 237-251, 2019.

A34	SILVA, L. P.; FONSECA, L. S. Analysis of math textbooks in relation to tasks arrangement in the light of attention as a neurocognitive mechanism. Acta Scientiae . Canoas (Brasil), v. 21, n. 4, p. 160-173, jul./ago. 2019.
A35	JAEGGI, S. M.; SHAH, P. Neuroscience, learning, and educational practice — challenges, promises, and applications. AERA Open . Washington (Estados Unidos), v. 4, n. 1, p. 1-5, 2018.
A36	SUSAC, A.; BRAEUTIGAM, S. A case for neuroscience in mathematics education. Frontiers in Human Neuroscience . Lausanne (Suíça), v. 8, n. 1, p. 1-3, 2014.
A37	DOMMETT, E. J.; DEVONSHIRE, I. M.; SEWTER, E.; GREENFIELD, S. A. The impact of participation in a neuroscience course on motivational measures and academic performance. Trends in Neuroscience and Education . Leimgrubenweg (Alemanha), v. 2, n. 1, p. 122-138, 2013.
A38	RIBEIRO, S. Tempo de cérebro. Estudos Avançados . São Paulo (Brasil), v. 27, n. 77, p. 7-22, 2013.
A39	BLAKEMORE, S.; BUNGE, S. A. At the nexus of neuroscience and education. Developmental Cognitive Neuroscience . Pennsylvania (Estados Unidos), v. 2S, n. 1, p. 1-5, 2012.
A40	STEVENS, C.; BAVELIER, D. The role of selective attention on academic foundations: a cognitive neuroscience perspective. Developmental Cognitive Neuroscience . Pennsylvania (Estados Unidos). v. 2S, n. 1, p. 30-48, 2012.
A41	SCHRAG, F. Education and neuroscience: what kind of marriage? Cortex . Edinburgh (Reino Unido), v. 47, n. 9, p. 1066-1067, 2011.
A42	HARDRÉ, P. L. Motivation for math in rural schools: student and teacher perspectives. Mathematics Education Research Journal . Sidney (Austrália) v. 23, n. 1, p. 213-233, 2011.
A43	THOMAS, M. O. J.; WILSON, A. J.; CORBALLIS, M. C.; LIM, V. K. YOON, C. Evidence from cognitive neuroscience for the role of graphical and algebraic representations in understanding function. ZDM . Hamburgo (Alemanha), v. 42, n. 1, p. 607-619, 2010.
A44	ALDOUS, C. R. Attending to feeling: Productive benefit to novel mathematics problem-solving. International Education Journal . Sidney (Austrália), v. 7, n. 4, p. 410-422, 2006.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

7.2.7 Busca dos estudos no *Web of Science* em Língua Portuguesa (LP)

Após a busca dos artigos no *Scopus*, procedeu-se a coleta de dados na base *Web of Science*, utilizando, primeiramente, a Língua Portuguesa e a mesma estrutura de busca já mencionada para as buscas anteriores, qual seja: **(Neurociência OR Neurociências OR “Neurociência Cognitiva”) AND (Matemática OR “Educação Matemática” OR “Ensino de Matemática” OR “Ensino da Matemática” OR “Aprendizagem de Matemática” OR**

“Aprendizagem da Matemática” OR “Aprendizagem em Matemática”) AND (Atenção OR Memória OR Motivação OR Emoção). No caso desta base, foi necessário realizar acesso remoto, utilizando usuário e senha oferecidos pela PUCRS, visto que esta é uma base de dados paga. Não houve documentos recuperados na base *Web of Science* utilizando a estrutura de busca em Língua Portuguesa.

7.2.8 Busca dos estudos no *Web of Science* em Língua Espanhola (LE)

Após a busca na base *Web of Science* em Língua Portuguesa, procedeu-se a recuperação de documentos na mesma base, mas com a estrutura de busca em Língua Espanhola, sendo exatamente a mesma usada na base *Scopus*, qual seja: **(Neurociencia OR Neurociencias OR “Neurociencia Cognitiva”) AND (Matemáticas OR “Educación Matemática” OR “Enseñanza de las Matemáticas” OR “Aprendizaje de Matematicas” OR “Aprendizaje en Matematicas”) AND (Atención OR Memoria OR Motivación OR Emoción).** No caso desta base, foi necessário realizar acesso remoto, utilizando usuário e senha oferecidos pela PUCRS, visto que esta é uma base de dados paga. Não houve documentos recuperados na base *Web of Science* utilizando a estrutura de busca em Língua Espanhola.

7.2.9 Busca dos estudos no *Web of Science* em Língua Inglesa (LI)

Após a busca na base *Web of Science* em Língua Espanhola, procedeu-se à recuperação de documentos na mesma base, porém com a estrutura de busca em Língua Inglesa, sendo exatamente a mesma usada nas buscas em outros bancos de dados neste idioma, qual seja: **(Neuroscience OR Neurosciences OR “Cognitive Neuroscience”) AND (Mathematic OR Mathematics OR “Mathematic Education” OR “Mathematics Education” OR “Mathematic Teaching” OR “Mathematics Teaching” OR “Mathematic Learning” OR “Mathematics Learning”) AND (Attention OR Memory OR Motivation OR Emotion).** No caso desta base, foi necessário realizar acesso remoto, utilizando usuário e senha oferecidos pela PUCRS, visto que esta é uma base de dados paga.

Inserindo a referida estrutura de investigação no campo do buscador, sem uso de recorte temporal ou qualquer outro filtro, foram encontrados 113 títulos. Cabe salientar que essa busca

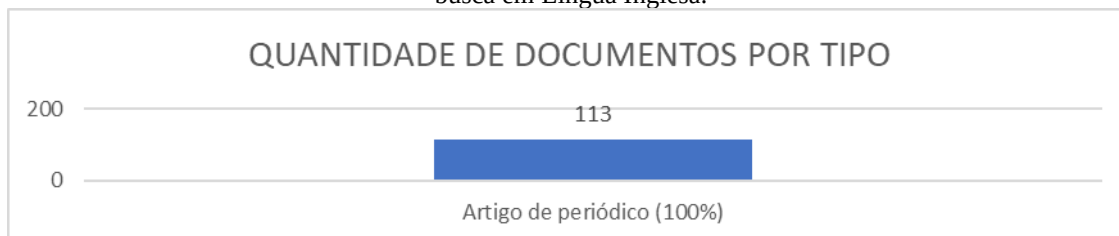
foi revisada em 1º de junho de 2023. Desse modo, caso a mesma procura seja realizada novamente, o retorno do buscador poderá apresentar divergências.

Do mesmo modo que na busca anterior, procedeu-se a elaboração de uma planilha eletrônica para a organização dos dados da busca, contendo as seguintes informações: número de sequência, tipo (artigo de periódico), título, ano, autor (es), instituição (instituição responsável pela edição da revista), revista, ISSN, *qualis* CAPES, indicação de ser estrangeiro ou não, observação, nome do evento (se for o caso), critério de exclusão e a área de conhecimento do artigo.

Ao realizar o preenchimento da planilha, utilizou-se a sigla NA (não se aplica) para indicar que determinado critério não se aplicava àquele documento. Por exemplo, para periódico que não apresentam classificação no *qualis* CAPES, o campo foi preenchido com NA.

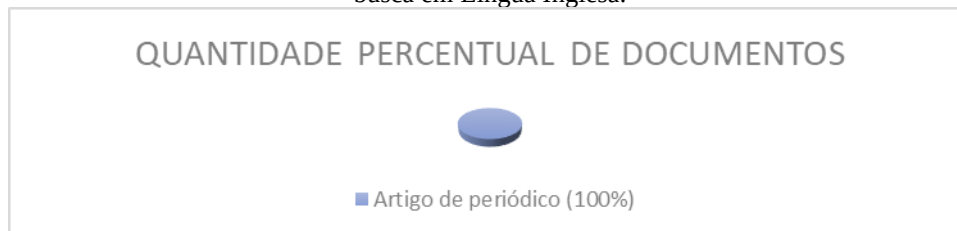
Quantitativamente, os 113 documentos da referida busca são artigos de periódicos, representando 100%. Graficamente, a distribuição de documentos da referida busca é a seguinte conforme as Figuras 25 e 26 abaixo:

Figura 25 – Distribuição de documentos encontrados na investigação do *Web of Science* com a estrutura de busca em Língua Inglesa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 26 – Distribuição percentual de documentos encontrados na busca no *Web of Science* com a estrutura de busca em Língua Inglesa.

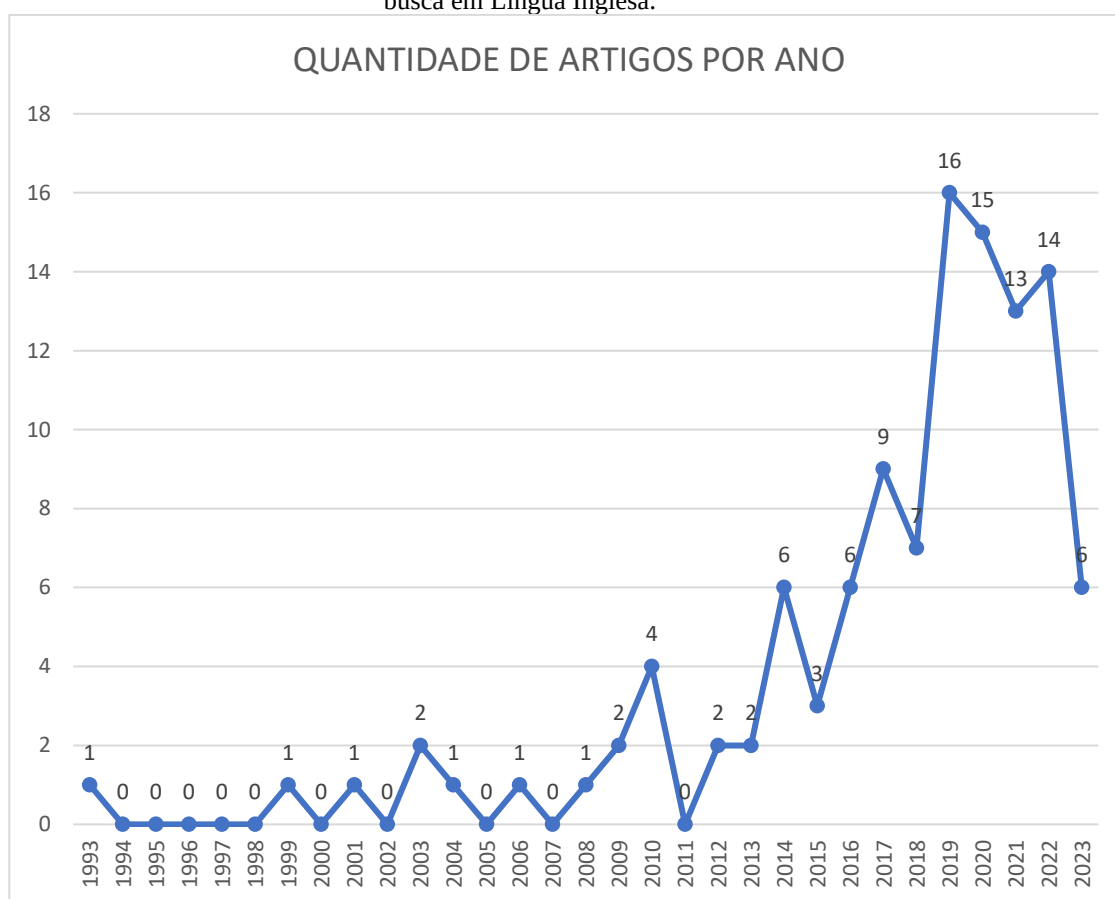


Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A seguir, apresenta-se a caracterização dos 113 artigos encontrados nessa busca, considerando diferentes critérios. Com relação ao ano de publicação dos artigos, pode-se inferir que, levando-se em conta documentos que congreguem os descritores já citados em Língua

Inglesa no *Web of Science*, as publicações não apresentam crescimento contínuo com o passar dos anos como ocorreu em buscas anteriores (Língua Portuguesa e Língua Espanhola no Google Acadêmico). Observa-se que no ano de 1993, ocorreu a primeira publicação que congregou Ensino/Aprendizagem de Matemática e Neurociência. No período de 1994 até 2014, observou-se poucas produções relacionadas à temática, ocorrendo entre zero e duas produções por ano. Foi, somente, a partir do ano de 2014 que houve um crescimento na quantidade de produções, ainda que estas não tenham se mantido de forma crescente ao longo do tempo até o ano de 2023. A seguir, apresenta-se a Figura 27 com a quantidade de artigos recuperados por ano ao se realizar a investigação na base *Web of Science* com os termos de busca em Língua Inglesa.

Figura 27 – Frequência absoluta de artigos encontrados na busca da base *Web of Science* com a estrutura de busca em Língua Inglesa.



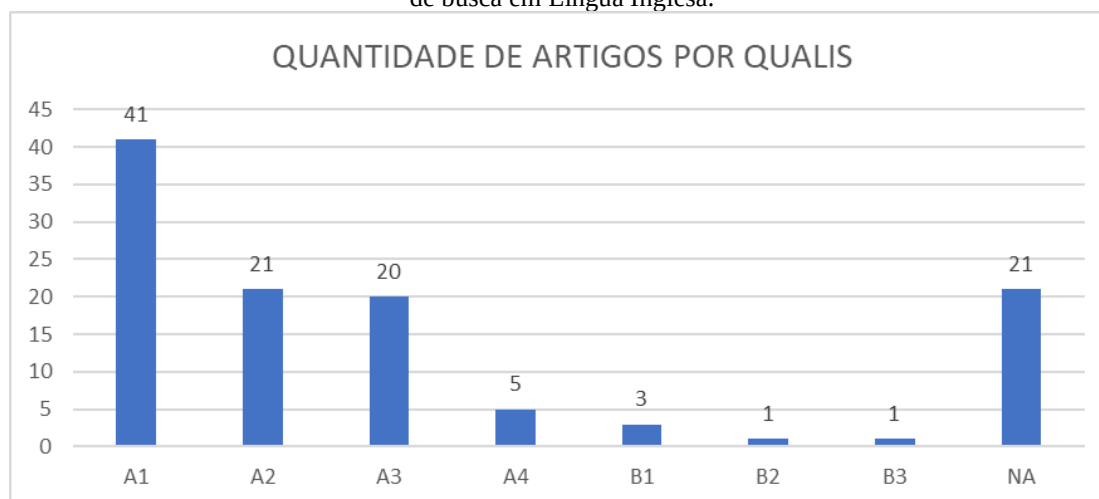
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Considerando como critério o *qualis* dos artigos (avaliação 2017-2020), observa-se que a maioria deles está publicado em revistas científicas cujo *qualis* é A1 (41 documentos, representando 36,28% do total), seguido por documentos publicados em periódicos não avaliados pela CAPES ou publicados em revistas *qualis* A2 (21 documentos em cada faixa, representando 18,58% cada estrato). Em terceiro lugar, aparecem os artigos publicados em

periódicos *qualis* A3 (20 documentos, representando 17,70%). Ressalta-se, novamente, que o *qualis* é considerado um parâmetro de qualidade de produções científicas brasileiras. Entretanto, como esta busca foi realizada a partir dos descritores em inglês, todos os artigos que resultaram desta pesquisa estão em periódicos estrangeiros e, provavelmente, por esse motivo, não estão classificados no *qualis*.

As menores quantidade de artigos estão concentradas nos estratos A4 (5 publicações, representando 4,42% do total), B1 (3 publicações, representando 2,65% do total), B2 e B3 (1 publicação em cada, representando 1,76% do total). Percebe-se que 87 artigos estão posicionados nos estratos A – A1, A2, A3 ou A4, representando 76,99% do total. Ainda pode-se inferir que 5 artigos estão posicionados nos estratos B – B1, B2, B3 e B4, representando 4,42% do total de documentos do tipo artigo. A seguir, apresenta-se a Figura 28 com a classificação dos 113 artigos, considerando o *qualis* como critério de classificação.

Figura 28 – Frequência absoluta de artigos por *qualis* encontrados na busca do *Web of Science* com a estrutura de busca em Língua Inglesa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Após breve caracterização dos artigos, apresenta-se a Tabela 5 com os motivos pelos quais houve a exclusão de documentos para a constituição do *corpus*. Ressalta-se que há documentos que poderiam ser enquadrados em mais de um critério de exclusão, entretanto, apenas um foi considerado já que este se apresenta como suficiente para desconsiderar o artigo.

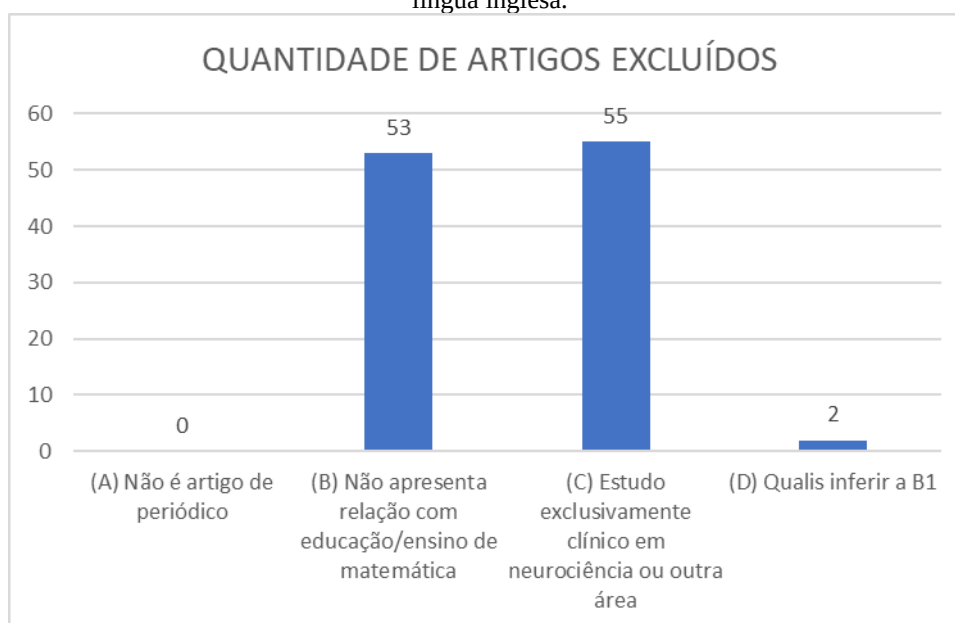
Tabela 5 – Motivos de exclusão dos artigos encontrados na investigação do *Web of Science* com a estrutura de busca em Língua Inglesa.

MOTIVO DE EXCLUSÃO DO ARTIGO	QUANTIDADE DE ARTIGOS EXCLUÍDOS	FREQUÊNCIA RELATIVA
(A) Não é artigo de periódico	0	0,00%
(B) Não apresenta relação com Educação/Ensino de Matemática	53	48,18%
(C) Estudo exclusivamente clínico em Neurociência ou outra área	55	50%
(D) <i>Qualis</i> inferior a B1	2	1,82%
TOTAL	110	100,00%

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Pode-se inferir que a maioria dos documentos foi desconsiderada em função de ser um estudo exclusivamente clínico em Neurociência ou outra área (55 documentos, representando 50% do total de documentos excluídos), seguido de 53 que não apresentam relação com Educação/Ensino de Matemática (representando 48,18% do total de documentos excluídos). Por fim, 2 artigos foram excluídos por estarem publicados em periódicos com *qualis* inferior a B1 (1,82% do total de documentos excluídos). Ressalta-se que, nesta busca, nenhum artigo foi excluído por não se configurar como artigo de periódico. A seguir, apresenta-se esses dados na Figura 29:

Figura 29 – Distribuição de documentos excluídos na busca do *Web of Science* com a estrutura de busca em língua inglesa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Deste modo, 3 artigos foram previamente selecionados na nona busca que considerou a estrutura em Língua Inglesa utilizando a base *Web of Science*. Os documentos que foram selecionados estão relacionados a seguir no Quadro 20:

Quadro 20 - Resultados da busca 9 - Artigos selecionados no *Web of Science* com a estrutura de busca em Língua Inglesa.

IDENTIFICAÇÃO DO ARTIGO	REFERÊNCIA COMPLETA DO ARTIGO
A45	FEILER, J. B.; STABIO, M. E. Three pillars of educational neuroscience from three decades of literature. Trends in Neuroscience and Education . Leimgrubenweg (Alemanha), v. 13, n. 1, p. 17-25, 2018.
A46	MARESCHAL, D. The neuroscience of conceptual learning in science and mathematics. Current Opinion in Behavioral Sciences . Michigan (Estados Unidos), v. 10, n. 1, p. 114-118, 2016.
A47	PIETTE, C.; TOUBOUL, J.; VENANCE, L. Engrams of fast learning. Frontiers in Cellular Neuroscience . United Kingdom (Londres), v. 14, n. 1, p. 1-11, 2020.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

7.3 FICHAMENTO DOS ARTIGOS SELECIONADOS PARA COMPOR O *CORPUS*

Esta seção tem como finalidade apresentar os estudos selecionados para compor o *corpus* da investigação. Cada estudo está apresentado em um quadro individual (Quadros 21 a 67).

Quadro 21 – Ficha de leitura do artigo A1.

IDENTIFICAÇÃO		
Identificação do artigo	Referência completa	
A1	FERREIRA, H. S; GONÇALVES, T. O.; LAMEIRÃO, S. V. O. C. Aproximações entre neurociências e educação: uma revisão sistemática. Revista Exitus . Santarém/PA, v. 9, n. 3, p. 636-662, jul./set. 2019.	
DADOS DA PUBLICAÇÃO		
Título	Aproximações entre neurociências e educação: uma revisão sistemática	
Autores	Hercio da Silva Ferreira, Tadeu Oliver Gonçalves e Soraia Valéria de Oliveira Coelho Lameirão	
Periódico	Revista Exitus	
ISSN	Qualis (2017/2020)	Ano
2237-9460	A4	2019
Número	Volume	Intervalo de páginas
3	9	636-662
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO		
Questão de pesquisa	Objetivo da pesquisa	
Os autores não explicitam uma questão de pesquisa específica.	Discutir como a década do cérebro influenciou o surgimento do novo campo de pesquisa (Neuroeducação) e o quão complexa é a análise de dificuldades de aprendizagem em matemática.	
Palavras-chave do artigo		
Neuroeducação. Transdisciplinaridade. Ensino-aprendizagem.		

PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO				
- Breve explanação sobre a Década do Cérebro; - Existência de diferentes recursos tecnológicos para mapear áreas cerebrais, suas funções e suas limitações; - Exposição de alguns neuromitos; - Necessidade de abordar a Neurociência na formação de professores; - Mercantilização da Neurociência para a área da educação; - Entrave na comunicação entre neurocientistas e educadores em função da linguagem própria de cada área; - Multidisciplinaridade, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade; - Necessidade de colaboração entre as áreas de Educação e Neurociências; - Necessidade de novos desenhos metodológicos de pesquisa tendo em vista as especificidades de cada área e necessidade de integrá-las; - Discussão da validade ecológica das pesquisas, tanto em Neurociência como em Educação.				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Bibliográfica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	Os autores não explicitaram o método de análise utilizado para tratamento dos dados.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A1.1 – “[...] quando analisamos o sujeito dentro de um ambiente escolar, muitas outras variáveis devem ser levadas em consideração e, com certeza, essa era uma das preocupações de Bruer (1997), ao analisar a forma como educadores interpretavam as descobertas da Neurociência, sem levar em consideração, o ambiente e as condições envolvidas nessas descobertas” (p. 641). A1.2 – “[...] a plasticidade cerebral pode fornecer uma base neural para a aprendizagem formal e informal que ocorre nos ambientes socioculturais” (p. 641). A1.3 – “[...] alunos iniciantes na escola, que não trazem habilidade em comparação numérica – Qual número é maior, 5 ou 4? –, terão dificuldades na instrução de aritmética formal na escola” (p. 642). A1.4 – “[...] pesquisas apontaram que crianças de origem nas classes mais baixas da sociedade dos Estados Unidos, não trazem essas habilidades de casa ao iniciarem a vida escolar” (p. 642). A1.5 – “[...] o fato é que, ao contrário das expectativas, algumas das crianças de meio cérebro cresceram em ambientes que são altamente favoráveis à aprendizagem e desenvolveram fortes habilidades - até mesmo, habilidades que a neurociência tradicional, indica que elas não deveriam ser capazes de desenvolver” (p. 643). A1.6 – “[...] parece então que a comunicação – ou a falta de uma comunicação adequada – entre a neurociência e a educação, é um problema sério que precisa ser contornado” (p. 645). A1.7 – “[...] os professores são os orquestradores da plasticidade neuronal de seus alunos durante o horário de aula” (p. 654). A1.8 – “[...] o fato é que, em ambos os métodos de resolução da tarefa que discutimos acima, precisamos da aritmética para resolver. Portanto, a dificuldade pode estar nas aulas de Matemática dos Anos Iniciais, uma dificuldade que vem se arrastando ao longo da vida escolar do aluno e que provoca enormes problemas no aprendizado e até nas relações sociais no ambiente escolar” (p. 655). A1.9 – [...] visa aplicar as descobertas da ciência cognitiva e da neurociência ao aprendizado em sala de aula e pode projetar materiais educacionais e atividades baseadas em pesquisas que promovem o aprendizado em softwares educacionais, na televisão infantil ou em playgrounds” (p. 659).				

Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática

A1.10 – “[...] embora não se tenha chegado a um consenso, quanto ao rótulo deste novo campo, já se conseguiu estabelecer, que o caminho transdisciplinar é o mais indicado para levar a Neurociência ao encontro da Educação” (p. 659).

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 22 – Ficha de leitura do artigo A2.

IDENTIFICAÇÃO				
Identificação do artigo		Referência completa		
A2		MOURA-SILVA, M. G.; NETO, J. B. T.; GONÇALVES, T. O. Bases neurais da ansiedade matemática: implicações para o processo de ensino-aprendizagem. BOLEMA . Rio Claro/SP, v. 34, n. 66, p. 246-267, abr. 2020.		
DADOS DA PUBLICAÇÃO				
Título		Bases neurais da ansiedade matemática: implicações para o processo de ensino-aprendizagem		
Autores		Marcos Guilherme Moura-Silva, João Bento Torres Neto e Tadeu Oliver Gonçalves		
Periódico		Boletim de Educação Matemática (BOLEMA)		
ISSN		Qualis (2017/2020)		Ano
1980-4415		A1		2020
Número		Volume		Intervalo de páginas
66		34		246-267
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO				
Questão de pesquisa			Objetivo da pesquisa	
Os autores não explicitaram uma questão de pesquisa no artigo.			Apresentar estudos que investigaram os correlatos neurais de indivíduos com Ansiedade Matemática (AM), destacando implicações para o processo de ensino e aprendizagem.	
Palavras-chave do artigo				
Ansiedade Matemática (AM). Bases neurais. Revisão sistemática. Ensino-aprendizagem.				
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO				
- Definição e prevalência da Ansiedade Matemática; - Algumas características da Ansiedade Matemática e relações com a aprendizagem; - Marcadores fisiológicos (percepção de dor), marcadores cognitivos (limitações da memória de trabalho) e marcadores comportamentais (negação de carreiras que enfatizam a matemática, por exemplo); - Redes neurais relacionadas à Ansiedade Matemática; - Relação entre Ansiedade Matemática e desempenho das Funções Executivas Centrais (controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva); - Possíveis implicações das características de indivíduos com Ansiedade Matemática para a prática docente.				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Revisão Sistemática de Literatura	Não se aplica	Quadro elaborado pelos autores com informações específicas para responder ao	14 estudos selecionados a partir de critérios de inclusão e exclusão e mais dois protocolos

			objetivo geral do estudo.	(escala de qualidade PEDro e fluxograma PRISMA).
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	Os autores não explicitaram o método de análise utilizado para tratamento dos dados.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A2.1 – “[...] notou-se que, ao se antecipar uma tarefa de Matemática, mais aumentava a atividade em regiões associadas às ameaças viscerais (ínsula dorso-posterior bilateral) nos indivíduos AM, experimentando-se muitas das vezes a experiência da própria dor fato não constatado em indivíduos com baixa AM” (p. 252). A2.2 – “[...] por encontrarem atividades em regiões frontais do cérebro, envolvidas na regulação de emoções negativas, os autores partiram do pressuposto de que a redução de déficits matemáticos seria resultado do aumento do controle cognitivo, que permitiria aos participantes ansiosos ir mudando o desempenho ao longo da resolução de tarefas matemáticas” (p. 252-253). A2.3 – “[...] quanto maior a atividade no córtex pré-frontal dorsolateral, região envolvida em funções executivas como atenção, inibição e memória de trabalho mais os indivíduos com alta AM estariam no controle de resposta negativa [...] concluindo que o desempenho matemático de indivíduos ansiosos está associado à capacidade de acelerar recursos de controle atencional” (p. 253). A2.4 – “[...] em contraposição aos menos ansiosos, onde a Memória de Trabalho se mostra mais eficiente” (p. 254). A2.5 – “[...] Lyons e Beilock (2012b) sugerem que intervenções educativas que enfatizam o controle de fatores emocionais negativos tendem a ser mais eficazes para promover uma população matematicamente proficiente, quando comparadas com interferências que foquem meramente em treino adicional de Matemática” (p. 254). A2.6 – “[...] outra implicação importante do estudo de Pizzie e Kraemer (2017) é mostrar que essa responsividade da amígdala durante os ensaios envolvendo os estímulos matemáticos, parecem ser característica específica da Ansiedade Matemática, pois não foi observado o mesmo comportamento em relação à ansiedade-traço” (p. 255). A2.7 – “[...] os resultados sugerem, portanto, que as melhores práticas para melhorar a competência matemática de quem tem AM não é gerar mais cursos de Matemática. Ao invés disso, focar em práticas de sala de aula que ajudem os alunos a organizar recursos de controle cognitivo” (p. 255). A2.8 – “[...] necessariamente, a AM influencia o desempenho a partir da capacidade reduzida da Memória de Trabalho, da atenção e de processos de controle cognitivo durante a resolução de problemas matemáticos” (p. 256). A2.9 – “[...] considerando que os erros são vistos de modo negativo em tarefas matemáticas, provavelmente ele constitui fator contributivo no desenvolvimento e manutenção da AM” (p. 256). A2.10 – “[...] intervenções educativas que redimensionem positivamente o “erro” em tarefas matemáticas podem ter implicações positivas no processo de ensino aprendizagem” (p. 257). A2.11 – “[...] o estudo sugere que indivíduos com alta ansiedade tem uma tendência de exercer controle de atenção de forma reativa/transiente, isto é, somente quando o conflito é encontrado no processamento (após os ensaios incongruentes). Já indivíduos com baixa ansiedade, exercem o controle da atenção de forma proativa, mantendo os objetivos da tarefa ao longo do tempo” (p. 257). A2.12 – “[...] mostrando que a AM impactou a eficácia do desempenho (nível de desempenho) e a eficiência de processamento (tempo para processar a tarefa)” (p. 258). A2.13 – “[...] os indivíduos com alta AM precisam de maior esforço para controlar respostas emocionais negativas para alcançar um desempenho comparável aos indivíduos com baixa ansiedade” (p. 258).				

A2.14 – “[...] estudantes que experimentam altos níveis de AM podem se beneficiar de práticas de sala de aula que ajudem os alunos a regular suas emoções negativas e a desenvolver fluência na recuperação de fatos aritméticos simples” (p. 260).

A2.15 – “[...] esses estudos sugerem que tais indivíduos podem superar seus déficits de desempenho aprendendo a controlar essa resposta emocional negativa, mesmo que a manipulação numérica envolva custos significativos de memória de trabalho” (p. 261).

A2.16 – “[...] percebe-se que indivíduos com alta AM apresentam um controle atencional insuficiente, afetando, de modo particular, tarefas que requerem funções inibitórias e controle atencional” (p. 261).

A2.17 – “[...] a competência matemática de indivíduos com alta AM está mais relacionada a organização de recursos de controle cognitivo do que na promoção de intervenções que foquem meramente em treino adicional de Matemática” (p. 261-262).

A2.18 – “[...] intervenções educativas que redimensionem positivamente o “erro” em tarefas matemáticas podem ter implicações positivas no processo de ensino e aprendizagem e pode vir a quebrar o ciclo viciante da Ansiedade Matemática que gera mau desempenho, que, por sua vez, gera mais Ansiedade Matemática” (p. 262).

A2.19 – “[...] práticas pedagógicas que considerem a característica reativa dos alunos com AM e que promovam, de modo gradual, uma atitude proativa perante problemas matemáticos, podem beneficiar esses indivíduos a médio e longo prazo” (p. 262).

A2.20 – “[...] hipotetiza-se que atividades que envolvam interação entre os ansiosos e seus homólogos não ansiosos, podem não surtir efeitos positivo” (p. 262).

A2.21 – “[...] estudantes que experimentam altos níveis de AM podem se beneficiar de práticas de sala de aula que ajudem os alunos a regular suas emoções negativas e a desenvolver fluência na recuperação de fatos aritméticos simples” (p. 262-263).

Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática

O estudo não apresenta uma seção específica de considerações finais.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 23 – Ficha de leitura do artigo A3.

IDENTIFICAÇÃO			
Identificação do artigo		Referência completa	
A3		ZARDO, A. L.; SCHROEDER, T. M. R. Educação e neurociências: uma revisão de literatura sobre funções executivas. Concilium . v. 23, n. 2, p. 318-328, fev. 2023.	
DADOS DA PUBLICAÇÃO			
Título		Educação e neurociências: uma revisão de literatura sobre funções executivas	
Autores		Andressa Loise Zardo e Tânia Maria Rechia Schroeder	
Periódico		Concilium	
ISSN		Qualis (2017/2020)	Ano
0010-5236		A2	2023
Número		Volume	Intervalo de páginas
2		23	318-328
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO			
Questão de pesquisa		Objetivo da pesquisa	
O estudo não apresenta, de modo explícito, uma questão de pesquisa.		Apresentar o que a literatura especializada traz sobre funções executivas e sua relação com a educação e a sala de aula.	
Palavras-chave do artigo			
Neurociência e Educação. Funções executivas. Educação infantil.			

PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO				
- Definições do termo “funções executivas”; - Anatomia e fisiologia relacionadas às funções executivas; - Finalidades das funções executivas; - Uso das funções executivas no cotidiano; - Classificação das funções executivas (centrais e complexas) e respectivas definições; - Consequências de funções executivas pouco desenvolvidas; - Fatores que prejudicam ou favorecem o desenvolvimento adequado das funções executivas.				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Bibliográfica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	Não se aplica, uma vez que o objetivo do artigo foi apenas apresentar fundamentação teórica referente às funções executivas.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A3.1 – “[...] esperar antes de agir, ter a capacidade de resistir a tentações, flexibilidade para contemplar diferentes perspectivas, não tirar conclusões precipitadas, focar apesar das distrações do ambiente, fazer conexões com informações em sua própria mente, evitar fazer ou dizer algo que pode se arrepender posteriormente, planejar e resolver problemas são alguns dos exemplos do cotidiano” (p. 319). A3.2 – “[...] assim se repete também com o raciocínio porque compreende porções de informações que manipulamos na mente e em seguida vemos como elas se relacionam entre si, mas para tanto, necessitamos nos recordar da informação inicial para estabelecer conexões” (p. 321). A3.3 – “[...] é uma habilidade que é desenvolvida lenta e progressivamente durante a vida” (p. 321). A3.4 – “[...] aos 4 e 5 anos inicia uma maior maturação desta habilidade e, portanto, as crianças passam a controlar e refletir sobre suas ações de modo mais eficiente” (p. 321). A3.5 – [...] apesar disso, é crucial que a criança exercite todas as três funções executivas centrais e também as complexas, além de desafiá-las, pois é possível treiná-las e melhorá-las desde a primeira infância” (p. 323). A3.6 – “[...] comumente, as funções executivas são apontadas como sendo mais importantes para a prontidão escolar do que o QI, leitura inicial ou matemática” (p. 324). A3.7 – [...] a prontidão escolar é definida em três aspectos: a prontidão física, motora, emocional e cognitiva da criança, individualmente, a prontidão da escola para receber a criança e o amparo da família e comunidade ao desenvolvimento da criança” (p. 324). A3.8 – “[...] desta forma, podemos afirmar que trabalhar as funções executivas com crianças pode ser absolutamente crucial ao seu desenvolvimento porque afeta sua trajetória de vida” (p. 325). A3.9 – [...] as funções executivas também sofrem influência dos fatores ambientais, sejam estes negativos ou positivos. Baixa condição socioeconômica, por exemplo, afeta desfavoravelmente o desenvolvimento das FEs, enquanto que, a paternidade sensível e respeitosa, um traço positivo possível na infância do sujeito, pode ser benéfico ao desenvolvimento destas funções” (p. 326). A3.10 – [...] em igual medida, pais que são mais controladores, receosos e severos tendem a ter filhos com FEs piores do que pais que contribuem para o desenvolvimento da autonomia de suas crianças, deixando-as elaborarem perguntas, entregando um maior suporte e apoio emocional. Este último comportamento na parentalidade costuma gerar crianças com maior desenvolvimento das funções executivas, melhores notas escolares e maior resiliência” (p. 326).				
Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática				
Não foram extraídas unidades de sentido dessa seção do artigo.				

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 24 – Ficha de leitura do artigo A4.

IDENTIFICAÇÃO				
Identificação do artigo		Referência completa		
A4		FLOR, C. M. Contribuições de estudos empíricos da neurociência educacional às práticas educativas no período entre 2008 a 2013: revisão sistemática. <i>Aletheia</i> . Canoas/RS, v. 50, n. 1-2, p. 123-131, jan./dez. 2017.		
DADOS DA PUBLICAÇÃO				
Título		Contribuições de estudos empíricos da neurociência educacional às práticas educativas no período entre 2008 a 2013: revisão sistemática		
Autores		Cristiane Marx Flor		
Periódico		Aletheia		
ISSN		Qualis (2017/2020)		Ano
1981-1330		B1		2017
Número		Volume		Intervalo de páginas
1-2		50		123-131
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO				
Questão de pesquisa			Objetivo da pesquisa	
Os achados dos estudos empíricos da Neurociência Educacional podem ser aplicados às práticas educativas?			Investigar as contribuições dos estudos empíricos da Neurociência Educacional às práticas educativas no período entre 2008 a 2013.	
Palavras-chave do artigo				
Neurociência Educacional. Práticas em educação. Neuroeducação.				
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO				
• Discussão sobre a(s) (im) possibilidade(s) de aplicação de achados neurocientífico às práticas educacionais; • Necessidade de integração entre profissionais da educação e da área de Neurociências.				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Revisão Sistemática de Literatura	Não se aplica	Tabela elaborada pela autora do estudo contendo as informações dos estudos selecionados.	Cinco artigos selecionados a partir de critérios de inclusão e exclusão, num universo de 70 estudos.
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	A autora não explicita o método de análise utilizado para tratamento dos dados.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A4.1 – “[...] este programa (<i>Rescue Calcularis</i>) pode ser aplicado diretamente nas salas de aula e possui a vantagem de ser facilmente instalado em qualquer computador, inclusive nas residências dos alunos” (p. 127).				
A4.2 – “[...] os resultados deste estudo demonstraram que no momento em que se realiza um exercício de escrita autogerada, o cérebro recruta uma rede neuronal responsável pela leitura e escrita, mais especificamente, o giro inferior frontal, córtex parietal posterior, giro fusiforme e o córtex motor” (p. 127).				
A4.3 – [...] o mesmo não acontece com o exercício de outras formas sensório-motoras, como, por exemplo, teclar ou desenhar. Assim, este estudo enfatizou a importância da experiência de escrita à mão para a percepção e categorização de letras no processo de alfabetização e que a digitação em teclados eletrônicos não a substitui” (p. 127).				

A4.4 – [...] os resultados deste estudo apontam para uma necessidade de foco no treinamento e melhoria das capacidades de processamento multissensorial no ensino de vocabulário a alunos com baixo desempenho” (p. 128).

Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática

O estudo não apresenta uma seção específica de considerações finais.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 25 – Ficha de leitura do artigo A5.

IDENTIFICAÇÃO				
Identificação do artigo		Referência completa		
A5		OLIVEIRA, M. F.; NEGREIROS, J. G. M.; NEVES, A. C. Condicionantes da aprendizagem da matemática: uma revisão sistemática da literatura. Educação e Pesquisa . São Paulo, v. 41, n. 4, p. 1023-1037, out./dez. 2015.		
DADOS DA PUBLICAÇÃO				
Título		Condicionantes da aprendizagem da Matemática: uma revisão sistemática da literatura		
Autores		Maria Fátima Oliveira, João Garrott Marques Negreiros e Ana Cristina Neves		
Periódico		Educação e Pesquisa		
ISSN		Qualis (2017/2020)		Ano
1678-4634		A1		2015
Número		Volume		Intervalo de páginas
4		41		1023-1037
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO				
Questão de pesquisa			Objetivo da pesquisa	
Quais fatores influenciam positiva ou negativamente essa aprendizagem? (a aprendizagem de Matemática)			Realizar uma revisão bibliográfica acerca dos problemas do Ensino da Matemática, discutindo seus condicionantes.	
Palavras-chave do artigo				
Matemática. Estilos de aprendizagem. Fatores socioculturais. Funcionamento do cérebro.				
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO				
• Considerações sobre a importância da Matemática e dificuldades dos estudantes; • Fundamentos epistemológicos para o ensino e aprendizagem de Matemática; • “Tipos” de Construtivismo; • Influência da linguagem na aprendizagem de Matemática; • Inteligências Múltiplas de Gardner; • Estilos de aprendizagem de Kolb; • Fatores socioculturais que influenciam na aprendizagem de Matemática; • Características do saber matemático; • Competências constitutivas do saber matemático; • Elementos capazes de influenciar a prática dos professores de Matemática; • Crenças relacionadas ao ensino e a aprendizagem de Matemática.				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Bibliográfica	Não se aplica	Não houve utilização de instrumentos específicos	Não se aplica
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	Os autores não explicitam o método de análise utilizado para tratamento dos dados.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				

A5.1 – “[...] Castro-Caldas (2006) considera que memorização e compreensão são funções complementares e não antagônicas. Entende que do ponto de vista biológico o treino da memória gera mais neurônios e mais ligações entre os neurônios e, por isso, ganha em potencial” (p. 1027).

A5.2 – “[...] estes processos de memorização geram matrizes complexas destinadas à identificação por analogia, que constitui a forma mais rápida de processar informação no contexto dos mecanismos adaptativos” (p. 1027).

A5.3 – “[...] quando estamos fazendo aritmética básica, a maior atividade cerebral situa-se no lobo parietal esquerdo e na região do córtex motor que controla os dedos” (p. 1028).

A5.4 – “[...] a linguagem assume um papel essencial na aprendizagem da matemática, já que é por seu intermédio que são expressas ideias e definidos conceitos matemáticos” (p. 1028).

A5.5 – “[...] considera que a interação entre a experiência concreta e a conceitualização teórica faz da aprendizagem um processo cíclico, constituído por quatro etapas: experiência concreta; observação reflexiva; conceitualização abstrata e experiência ativa [...] sobre os quatro estilos de aprendizagem de Kolb “convergente, divergente, assimilador e acomodador” (p. 1030-1031).

A5.6 – “[...] ao focar o ensino nas capacidades intelectuais mais fortes dos alunos e não em seus pontos fracos, os resultados podem ser o oposto do que se pretende, já que os estudantes precisam corrigir e superar as suas deficiências e não evitá-las. Para além disso, a vida fora da escola nem sempre é compatível com os nossos estilos de aprendizagem preferidos e um bom ensino é aquele que nos prepara para o mundo real” (p. 1032).

A5.7 – “[...] as crianças começam muito cedo a desenvolver crenças a respeito da aprendizagem baseadas na sua cultura e essas crenças norteiam a sua aprendizagem e os resultados que obtêm” (p. 1032).

A5.8 – “[...] os acadêmicos ocidentais consideram os seus homólogos asiáticos fora de moda por estarem muito colados aos conteúdos, não seguindo a tendência das últimas décadas de focalizar o ensino-aprendizagem mais no processo do que no conteúdo, nomeadamente por meio de atividades de investigação e de resolução de problemas” (p. 1033).

A5.9 – “[...] desdobra-se em quatro elementos constitutivos, de acordo com a sua função e nível de complexidade – competências elementares (que implicam processos de simples memorização e execução); competências intermédias (que implicam processos com certo grau de complexidade, mas não exigem muita criatividade); competências complexas (que implicam uma capacidade significativa de lidar com situações novas); e saberes de ordem geral (que incluem os meta saberes, ou seja, saberes com influência nos próprios saberes)” (p. 1034-1035).

A5.10 – “[...] o desenvolvimento do saber matemático assenta na ação (manipulação de objetos e de representações numérica, gráfica e algébrica) e na reflexão (pensar sobre a ação, estimulada pelo esforço de explicação e pela discussão)” (p. 1035).

A5.11 – “[...] três elementos capazes de influenciar as práticas dos professores: 1) os sistemas de crenças do professor sobre a matemática e sobre o seu ensino e aprendizagem; 2) o contexto social onde ocorre o ensino, particularmente os obstáculos e as oportunidades que cria; 3) o nível de pensamento e reflexão do professor” (p. 1035).

Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática

A5.12 – “[...] a natureza singular do ser humano, por um lado, e a sua vertente cultural, por outro, não permitem que o processo de ensino-aprendizagem possa ser linear e liminarmente modelado. Impõe-se uma visão holística desse processo e consequente abordagem sistêmica” (p. 1036).

A5.13 – “[...] a melhoria do ensino da matemática implica, necessariamente, a não sobrevalorização de uma linha metodológica única. Pelo contrário, terá de envolver um processo de diversificação metodológica assente numa coerente fundamentação psicossocial” (p. 1036).

Quadro 26 – Ficha de leitura do artigo A6.

IDENTIFICAÇÃO				
Identificação do artigo		Referência completa		
A6		RABELO, J. S. A neurociência na pesquisa e na formação de professores: uma revisão sistemática. Revista Cocar . Belém do Pará/PA, v. 17, n. 35, p. 1-16, 2022.		
DADOS DA PUBLICAÇÃO				
Título		A neurociência na pesquisa e na formação de professores: uma revisão sistemática		
Autores		Jeriane da Silva Rabelo		
Periódico		Revista Cocar		
ISSN		Qualis (2017/2020)		Ano
2237-0315		A2		2022
Número		Volume		Intervalo de páginas
35		17		1-16
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO				
Questão de pesquisa		Objetivo da pesquisa		
Qual a produção científica atual sobre a utilização das neurociências no campo educacional?		Investigar a literatura neuroeducacional e suas contribuições para o processo de ensino e aprendizagem no âmbito escolar.		
Palavras-chave do artigo				
Educação. Neurociência. Formação docente.				
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO				
• Necessidade de colaboração entre as áreas (Educação e Neurociência); • Importância de disciplinas que abordem aspectos da Neurociência para a formação de professores, nos cursos de Licenciatura; • Existem atributos de Neurociência que parecem ser imprescindíveis para o aprendizado (atenção, motivação, memória e emoção); • Falta de conexão entre as duas áreas (Neurociência e Educação); • A linguagem utilizada na Neurociência, por vezes, é incompatível com a linguagem dos educadores.				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Revisão Sistemática	Não se aplica	Duas fichas elaboradas pela autora (identificação dos estudos e principais resultados).	Ficha contendo os excertos dos principais resultados de cada estudo incluído no corpus.
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	A autora não explicita o método de análise utilizado para tratamento dos dados.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A6.1 – [...] as emoções foram reconhecidas como precursoras significativas de aprendizagem e do desempenho dos alunos” (p. 10). A6.2 – “[...] ajudou o professor a entender a estrutura e a função do cérebro dos alunos para escolher os materiais adequados para o seu nível cerebral” (p. 10). A6.3 – “[...] o impacto da repetição, recompensa, reforço, visualização, engajamento ativo, estresse e/ou fadiga” (p. 11). A6.4 – “[...] a prática e os testes distribuídos parecem ser ferramentas poderosas de aprendizado” (p. 11).				

A6.5 – [...] a regulação da emoção é particularmente importante para o desenvolvimento da competência socioemocional” (p. 12).

Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática

A6.6 – [...] as escolhas didáticas e metodológicas utilizando conhecimentos das neurociências podem proporcionar aos alunos formas de aprendizagem que levem em consideração as complexidades do cérebro no processo estruturante da aprendizagem: motivação, atenção, memória e emoção” (p. 13).

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 27 – Ficha de leitura do artigo A7.

IDENTIFICAÇÃO				
Identificação do artigo		Referência completa		
A7		DIAS, J. G. R.; SANTANA, A. N.; SILVA, J. B.; LAUTERT, S. L. Avaliação psicológica e neuropsicológica em matemática: análise de publicações científicas (2013-2019). Avaliação Psicológica . v. 20, n. 1, p. 23-32, 2021.		
DADOS DA PUBLICAÇÃO				
Título		Avaliação psicológica e neuropsicológica em matemática: análise de publicações científicas (2013-2019)		
Autores		Janaina Gaia Ribeiro Dias, Allany Nunes de Santana, Jessica Barbosa da Silva e Síntria Labres Lautert		
Periódico		Avaliação Psicológica		
ISSN		Qualis (2017/2020)		Ano
2175-3431		A2		2021
Número		Volume		Intervalo de páginas
1		20		23-32
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO				
Questão de pesquisa			Objetivo da pesquisa	
Quais testes psicológicos e neuropsicológicos estão sendo utilizados por profissionais e pesquisadores na avaliação do repertório matemático dos indivíduos?			Realizar um apanhado dos instrumentos que têm sido utilizados pelos pesquisadores na avaliação psicológica e neuropsicológica quando se considera o desempenho e a compreensão matemática, visando oferecer subsídios para que psicólogos e educadores avaliem o repertório matemático em suas práticas profissionais.	
Palavras-chave do artigo				
Avaliação psicológica. Avaliação neuropsicológica. Revisão sistemática. Conhecimento matemático.				
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO				
- Breve importância da Matemática na sociedade atual e algumas dificuldades na visão dos estudantes; - Definição de avaliação psicológica; - Finalidades de uma avaliação psicológica; - Validade de instrumentos para avaliação psicológica e necessidade de diversos instrumentos para auxiliar em um diagnóstico; - Avaliações psicológicas na aprendizagem de Matemática.				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Revisão Sistemática de Literatura	Não se aplica	Tabelas elaboradas pelas autoras com os dados necessários à	44 artigos que atenderam aos critérios de

			resposta da questão de pesquisa.	inclusão e exclusão.
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	As autoras não explicitam o método de análise utilizado para tratamento dos dados.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A7.1 – “[...] o funcionamento e organização do cérebro têm influência sobre a atividade matemática tanto em termos negativos (dificuldades) como positivos (facilitação, precocidade)” (p. 24). A7.2 – “[...] observam-se, no entanto, outros fatores e condicionantes tanto internos quanto externos que precisam ser considerados nas avaliações psicológicas e neuropsicológicas, tais como o funcionamento cerebral e cognitivo, além dos fatores socioculturais e estilos de ensino, de modo a fornecer escores fidedignos e válidos para indicar o nível do desempenho e da compreensão matemática de cada indivíduo” (p. 24). A7.3 – “[...] um dos temas de maior interesse em Psicologia refere-se à construção de novos instrumentos avaliativos, especificamente os psicométricos, cuja elaboração abrange três etapas gerais: 1) embasamento teórico consistente; 2) estudos que incluam precisão e validade, além do 3) procedimento para administrar o material, contemplando a correção e interpretação dos resultados” (p. 25). A7.4 – “[...] a neurociência no campo educacional apresenta maior relevância ao abranger um contexto multiprofissional, junto a psicólogos, professores, fonoaudiólogos, dentre outros” (p. 25). A7.5 – “[...] nos últimos anos, pesquisas realizadas com crianças de baixo rendimento na matemática registram o senso numérico como principal aspecto a ser trabalhado, sendo um conceito fundamental que pode ser identificado ainda na Educação Infantil. O desenvolvimento falho para o senso numérico acarreta um processamento imaturo dos números, refletindo em defasagens nas habilidades do tipo contagem, realização de operações, bem como de cálculo mental” (p. 25). A7.6 – “[...] como pode ser observado, o subteste Aritmética da Escala de Inteligência Wechsler para Crianças (WISC-III) foi o instrumento mais frequente, seguido do subteste Aritmética do Teste de Desempenho Escolar (TDE-I) e do subteste Cálculo da Bateria Woodcock-Johnson (WJ-III). Ressalta-se que todos esses instrumentos são comercializados no Brasil, sendo apenas a escala WISC restrita a psicólogos” (p. 27) A7.7 – “[...] compreensão verbal, resistência à distração, organização perceptual e velocidade de processamento – sobre o WISC III e IV” (p. 29). A7.8 – “[...] já a Bateria WJ-III (Woodcock <i>et al.</i>, 2001) foi mais frequente apenas em língua inglesa, sendo considerada a mais completa para esclarecer sobre o funcionamento intelectual de crianças e adolescentes” (p. 29). A7.9 – “[...] quanto ao Subteste Aritmética que compõe o TDE, este foi o mais utilizado nos artigos publicados em português. O teste em questão, desenvolvido por Stein (1994), averigua as capacidades fundamentais para o desempenho escolar de forma geral, a partir de três áreas: leitura, escrita e aritmética, sendo aplicado de forma individual com crianças do Ensino Fundamental. Sua aplicação permite identificar as áreas nas quais a criança esteja apresentando dificuldades no contexto escolar. No caso do Subteste Aritmética, investiga-se a solução oral de problemas e cálculos de operações aritméticas por escrito” (p. 29). A7.10 – “[...] no Brasil, também são utilizados com frequência o Subteste Aritmética do WISC-III e o Subteste Habilidades Aritméticas do NEUPSILIN-Inf, ambos com evidências de validade e com qualidade psicométrica comprovada a partir de pesquisas” (p. 29). A7.11 – “[...] tais resultados revelam que a avaliação da compreensão matemática é realizada predominantemente por subtestes específicos, os quais consideram apenas habilidades aritméticas, sem analisar outros aspectos, como a atenção concentrada, a memória visuoespacial, a fluência verbal, dentre outras que podem interferir nos resultados obtidos” (p. 29). A7.12 – “[...] outros aspectos a serem ponderados são o senso numérico e as habilidades pré-aritméticas. O primeiro se refere às diversas habilidades numéricas que englobam a identificação do número, a capacidade de				

contagem, de manipular mentalmente os números, as quantidades, dentre outros (Corso, 2018), enquanto as habilidades pré-aritméticas são basais na construção do conhecimento matemático posterior” (p. 29).
A7.13 – “[...] o grupo mais investigado se manteve representado por crianças de 3 a 12 anos. Sabe-se que, nessa faixa etária, as avaliações que investigam as habilidades matemáticas são extremamente relevantes ao possibilitar uma intervenção precoce, com maiores avanços quando desempenhada nos estágios iniciais das dificuldades acadêmicas” (p. 30).
A7.14 – “[...] sugere-se que novas pesquisas sejam empreendidas no intuito de desenvolver instrumentos validados para a avaliação de distintas habilidades matemáticas, pois a identificação e esclarecimento quanto às alterações cognitivas auxiliam em decisões no contexto escolar. Além disso, podem auxiliar na elaboração e execução de planos de ensino que considerem suas particularidades e forneçam elementos colaborativos para a redução de possíveis dificuldades apresentadas” (p. 30).
Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática
O estudo não apresenta uma seção específica de considerações finais.
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 28 – Ficha de leitura do artigo A8.

IDENTIFICAÇÃO			
Identificação do artigo		Referência completa	
A8		SILVA, J. B. L.; MOURA, R. J.; WOOD, G.; HAASE, V. G. Processamento fonológico e desempenho em aritmética: uma revisão da relevância para as dificuldades de aprendizagem. Temas em Psicologia . Ribeirão Preto, v. 23, n. 1, p. 157-173, 2015.	
DADOS DA PUBLICAÇÃO			
Título		Processamento fonológico e desempenho em aritmética: uma revisão da relevância para as dificuldades de aprendizagem	
Autores		Júlia Beatriz Lopes Silva, Ricardo José de Moura, Guilherme Wood; Vitor Geraldi Haase.	
Periódico		Temas em Psicologia (USP – Ribeirão Preto)	
ISSN		Qualis (2017/2020)	Ano
1413-389X		A2	2015
Número		Volume	Intervalo de páginas
1		23	157-173
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO			
Questão de pesquisa		Objetivo da pesquisa	
Será que déficits no processamento fonológico desempenham algum papel nas dificuldades de aprendizagem em Matemática?		Apresentar uma revisão dos estudos sobre a importância do processamento fonológico para a aprendizagem da Matemática em crianças típicas, bem como das evidências para o envolvimento de déficits no processamento fonológico nas dificuldades de aprendizagem em aritmética de crianças com dislexia e discalculia.	
Palavras-chave do artigo			
Processamento fonológico. Discalculia. Dislexia. Comorbidade.			
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO			
- Definição de discalculia do desenvolvimento; - Aspectos relacionados ao diagnóstico de discalculia do desenvolvimento; - Algumas consequências da Discalculia do Desenvolvimento para a aprendizagem; - Mecanismos cognitivos envolvidos na aprendizagem de Matemática (senso numérico, processamento viso-espacial, memória de trabalho e processamento fonológico); - Modelo do Código Triplo e correlatos neurais dos tipos de representação que compõe o modelo; - Definição de Dislexia e algumas características; - Componentes do processamento fonológico;			

• Possíveis relações entre processamento fonológico e aritmética.				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Revisão não sistemática (Revisão Narrativa)	Não se aplica	Não se aplica	Artigos de escolha arbitrária com tópicos relevantes para a temática do artigo.
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	Os autores não explicitam o método de análise utilizado para tratamento dos dados.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A8.1 – [...] a matemática é um domínio complexo que envolve diversas habilidades, como contagem, estimação e compreensão de procedimentos. Os principais mecanismos cognitivos subjacentes, candidatos para explicar as dificuldades apresentadas por crianças com discalculia são: o senso numérico, o processamento viso-espacial, a memória de trabalho e o processamento fonológico” (p. 159). A8.2 – [...] o processamento viso-espacial influencia o desempenho na matemática, principalmente, porque se relaciona à habilidade da criança alinhar os números de forma adequada na hora de montar uma operação, ou manipular quantidades na memória de curto-prazo” (p. 160). A8.3 – “[...] a memória de trabalho viso-espacial é preditora independente do desempenho na matemática em crianças de 4 a 8 anos” (p. 160). A8.4 – “[...] existiriam três subtipos de dificuldades de aprendizagem matemáticas, todas relacionadas a déficits de memória: subtipo procedimental, em que os déficits estariam associados à prejuízos na memória de trabalho verbal; subtipo relacionado à memória semântica, em que a criança apresentaria déficits na recuperação dos fatos aritméticos, e subtipo viso-espacial, em que o indivíduo apresentaria déficits na representação espacial de número” (p. 160). A8.5 – “[...] esses estudos demonstram a relevância do processamento fonológico principalmente em aspectos verbais da aritmética, como a multiplicação e frações” (p. 161). A8.6 – “[...] sugere que a discalculia seria, de alguma forma, causada pelos déficits fonológicos associados à dislexia” (p. 162). A8.7 – “[...] Simmons e Singleton (2008), em um artigo de revisão sobre representações fonológicas e aritmética, apoiam essa hipótese ao sugerir que o processamento fonológico é preditor do desempenho aritmético” (p. 162). A8.8 – “[...] os principais componentes do processamento fonológico associados à aquisição da leitura são os seguintes: resgate lexical, memória de trabalho/memória de curto prazo fonológica e consciência fonológica” (p. 162). A8.9 – “[...] o resgate lexical influencia a fluência de leitura e de cálculos, uma vez que essas habilidades exigem o resgate apropriado de sons ou números e é uma medida da qualidade das representações fonológicas de longo prazo” (p. 163). A8.10 – [...] os autores utilizaram testes de interferência fonológica e viso-espacial durante a realização de tarefas aritméticas e concluíram que crianças mais novas (entre 6 e 7 anos) dependem menos de representações fonológicas para a realização de cálculos comparadas com crianças mais velhas (8 e 9 anos), as quais utilizariam estratégias fonológicas e viso-espaciais (p. 164). A8.11 – [...] segundo os autores, os componentes da memória de trabalho que influenciam no desempenho da matemática variam ao longo do desenvolvimento: o executivo central e o buffer fonológico seriam mais importantes no aprendizado inicial, para o aprendizado da mudança de códigos verbais em formato numérico e, em estágios posteriores, a memória de trabalho viso-espacial seria o subcomponente fundamental” (p. 164).				

A8.12 – “[...] a habilidade de percepção e manipulação dos sons da língua prediz o desempenho da leitura e estudos recentes sugerem a importância desse componente do aprendizado da matemática” (p. 164). A8.13 – “[...] a consciência fonológica pode ser investigada através de tarefas que exigem a distinção dos sons que formam as palavras; como detecção de rimas e junção de sons isolados para criar palavras” (p. 164). A8.14 – “[...] de acordo com os autores, a natureza da associação entre consciência fonológica e matemática está relacionada ao fato que manipulações fonológicas exigem processos aritméticos (por exemplo, tarefas de supressão de fonemas exigem, literalmente, a subtração de um som) e envolvem memória de trabalho” (p. 164). A8.15 – “[...] apontam que a consciência fonológica prediz o desempenho da matemática em crianças de idade escolar” (p. 165). A8.16 – “[...] segundo os autores, os mesmos recursos da memória de trabalho que são utilizados na resolução de problemas matemáticos também são recrutados em tarefas de consciência fonológica” (p. 165). A8.17 – “[...] sugere que o processamento viso-espacial é essencial para a aprendizagem da matemática para crianças em idade pré-escolar” (p. 165). A8.18 – “[...] o processamento fonológico seria importante, especificamente, no aprendizado das palavras referentes aos números, e seu sequenciamento” (p. 166). A8.19 – “[...] os autores encontraram que a consciência fonológica influenciava a aquisição de habilidades matemáticas mais básicas, como o nome das palavras numéricas (“um, dois, três”), enquanto a memória de trabalho viso-espacial está relacionada com a ligação posterior das palavras com as quantidades” (p. 166). A8.20 – “[...] o giro angular esquerdo pode ser considerado o locus comum entre a matemática e a leitura. Programas de reabilitação da leitura baseados em estratégias fonológicas aumentam a ativação do giro angular esquerdo” (p. 167). A8.21 – “[...] um aspecto da matemática que frequentemente tem sido associado ao processamento fonológico é o resgate de fatos aritméticos, principalmente os de adição e multiplicação, cuja resolução é mais dependente de estratégias verbais” (p. 167).
Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática
A8.22 – “[...] os estudos revisados demonstram que déficits no processamento fonológico são fator de risco para dificuldades de leitura e matemática” (p. 169). A8.23 – “[...] o presente artigo demonstrou que diversos estudos apoiam a hipótese de mecanismos compartilhados na aprendizagem da leitura e da matemática” (p. 169).

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 29 – Ficha de leitura do artigo A9.

IDENTIFICAÇÃO		
Identificação do artigo		Referência completa
A9		FREITAS, J. P.; OLIVEIRA G. P. Avaliação da aprendizagem e a constatação do erro do aluno referente ao valor posicional do número: uma revisão de literatura. Revista de Produção Discente em Educação Matemática . São Paulo, v. 11, n. 2, p. 17-30, 2022.
DADOS DA PUBLICAÇÃO		
Título	Avaliação da aprendizagem e a constatação do erro do aluno referente ao valor posicional do número: uma revisão de literatura	
Autores	Juliana Portella de Freitas e Gerson Pastre de Oliveira	
Periódico	Revista de Produção Discente em Educação Matemática	
ISSN		Qualis (2017/2020)
		Ano

2238-8044	A4	2022		
Número	Volume	Intervalo de páginas		
2	11	17-30		
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO				
Questão de pesquisa		Objetivo da pesquisa		
Como seria o olhar do professor quando percebesse/constatasse, em momentos de avaliação, o erro do aluno nesse tema? (características do sistema de numeração decimal)		Relatar elementos parciais de uma dissertação em andamento com foco na percepção e/ou erro do aluno no que diz respeito ao valor posicional do número no sistema de numeração decimal.		
Palavras-chave do artigo				
Avaliação da aprendizagem. Uso reconstrutivo do erro. Valor posicional do número. Sistema de numeração decimal.				
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO				
- Breve retrospectiva histórica relacionada à avaliação; - Fundamentos pedagógicos relacionados à avaliação (avaliação processual: diagnóstica, formativa e somativa); - Avaliação como reguladora da aprendizagem; concepção de “erro (re)construtivo” como instrumento de reflexão para o aluno e possibilidade pedagógica para os professores.				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Não é apontado no estudo	Professores do 5º ano do Ensino Fundamental de uma rede municipal de São Paulo (SP).	Entrevistas semiestruturada	Respostas das entrevistas respondidas pelos professores.
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	Os autores não explicitam o método de análise utilizado para tratamento dos dados, por se tratar de resultados parciais de pesquisa em andamento.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A9.1 – “[...] a pesquisadora Boaler (2018) indica, com base em estudos da neurociência, que a construção do conhecimento matemático é mais produtiva quando ocorrem o erro e os confrontos sobre ele, pois há muito mais conexões neurais sendo estabelecidas” (p. 19).				
Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática				
O estudo não apresenta uma seção específica de considerações finais.				

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 30 – Ficha de leitura do artigo A10.

Quadro 56 – Ficha de leitura do artigo A10.			
IDENTIFICAÇÃO			
Identificação do artigo		Referência completa	
A10		NASCIMENTO, S. C. B.; SILVA, J. D. Resolução de problemas matemáticos como alternativa para o desenvolvimento cerebral e fortalecimento da saúde mental: uma revisão bibliográfica. Revista Eletrônica Acervo Saúde . v. 12, n. 10, p. 1-7, 2020.	
DADOS DA PUBLICAÇÃO			
Título		Resolução de problemas matemáticos como alternativa para o desenvolvimento cerebral e fortalecimento da saúde mental: uma revisão bibliográfica	
Autores		Sheila Chaves Batista do Nascimento e Joccitel Dias da Silva	
Periódico		Revista Eletrônica Acervo Saúde	
ISSN		Qualis (2017/2020)	Ano
2178-2091		B1	2020
Número		Volume	Intervalo de páginas

10	12	1-7		
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO				
Questão de pesquisa		Objetivo da pesquisa		
Os autores não explicitam uma questão de pesquisa no estudo.		Apresentar estudos que fomentem a utilização de problemas matemáticos como alternativa ao desenvolvimento cerebral e a promoção da saúde mental.		
Palavras-chave do artigo				
Educação e saúde. Saúde mental. Saúde do cérebro.				
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO				
- Dados do rendimento do Brasil em avaliações de Matemática nos rankings internacionais; - Possíveis causas do mau desempenho do Brasil no ensino e aprendizagem de Matemática; - Influência do ambiente escolar na saúde mental do estudante; - Fatores que podem ter influência no fracasso escolar e na evasão de estudantes; - O uso de problemas matemáticos no fortalecimento da saúde mental dos estudantes.				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Revisão bibliográfica	Não se aplica	Não se aplica	Artigos utilizados na revisão. Os autores não mostram critérios de inclusão e exclusão.
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	Os autores não explicitam o método de análise utilizado para tratamento dos dados.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A10.1 – “[...] um ambiente saudável estará sempre atrelado ao quanto ele influencia bem no desenvolvimento e na preservação da mente. O adoecimento está quase sempre ligado, no seu princípio, ao estresse ou a condições desumanas de convivência” (p. 3). A10.2 – “[...] as práticas utilizadas na busca de restaurar a saúde mental ou abrir novas portas de tratamento, a realização de cálculos, que é um exercício que promove o desenvolvimento do cérebro, surge como opção” (p. 3). A10.3 – “[...] a finalidade do desenvolvimento mental estará sempre atrelada a necessária capacidade de lidar com dificuldades e situações não comuns” (p. 4). A10.4 – “[...] das inúmeras atividades que colaboram para desenvolver o cérebro humano, é importante atentar para a utilização de cálculos matemáticos” (p. 5).				
Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática				
A10.5 – “[...] a utilização da matemática como forma de alcançar desenvolvimento cerebral, e os métodos não hostis por meio da aplicação das disciplinas, na intenção de garantir e preservar a saúde mental do aluno são práticas aprimoráveis e que merecem uma atenção maior dos cientistas das teorias da educação” (p. 7).				

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 31 – Ficha de leitura do artigo A11.

IDENTIFICAÇÃO	
Identificação do artigo	Referência completa

A11		AVILA, L. A. B.; LARA, I. C. M.; LIMA, V. M. R. Intervenções psicopedagógicas e discalculia do desenvolvimento: uma revisão sistemática da literatura. Educação Especial . Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 1-21, jan./dez. 2019.		
DADOS DA PUBLICAÇÃO				
Título		Intervenções psicopedagógicas e discalculia do desenvolvimento: uma revisão sistemática da literatura		
Autores		Lanúzia Almeida Brum Ávila, Isabel Cristina Machado de Lara; Valderez Marina do Rosário Lima		
Periódico		Revista Educação Especial		
ISSN		Qualis (2017/2020)		Ano
1984-686X		A2		2019
Número		Volume		Intervalo de páginas
1		32		1-21
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO				
Questão de pesquisa		Objetivo da pesquisa		
Como intervenções psicopedagógicas podem auxiliar estudantes do Ensino Fundamental com Discalculia do Desenvolvimento?		Verificar a existência de propostas psicopedagógicas para serem desenvolvidas com esses estudantes, potencializando e reabilitando as habilidades matemáticas em defasagem na Discalculia do Desenvolvimento.		
Palavras-chave do artigo				
Discalculia do desenvolvimento. Habilidades matemáticas. Intervenções psicopedagógicas.				
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO				
- Definições de diferentes autores sobre Discalculia do Desenvolvimento; - Classificação das habilidades matemáticas em defasagem (discalculia verbal, discalculia practognóstica, discalculia léxica, discalculia gráfica, discalculia ideognóstica e discalculia operacional).				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Revisão Sistemática de Literatura (etapas de Pickering e Byrne, 2014)	Não se aplica	Fichas elaboradas pelas autoras com os principais dados extraídos de cada produção.	Duas dissertações e dois artigos selecionados a partir de critérios de inclusão e exclusão.
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	As autoras não explicitam o método de análise utilizado para tratamento dos dados.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A11.1 – “[...] é perceptível que os jogos desenvolvidos, possibilitaram avanços no desempenho em Matemática das crianças participantes do estudo, evidenciando-se assim, que é possível por meio do lúdico, trabalhar as dificuldades individuais, potencializando as habilidades preservadas e reabilitando as habilidades em defasagem” (p. 14).				
A11.2 – [...] constatou-se ainda avanços em relação à aprendizagem da Matemática, a partir do emprego do lúdico nos atendimentos desenvolvidos no laboratório de aprendizagem” (p. 15).				
A11.3 – “[...] e no que concerne aos principais resultados, as dissertações convergem, pois verificou-se que as intervenções psicopedagógicas desenvolvidas com os participantes, por meio do lúdico, possibilitaram avanços no desempenho em Matemática” (p. 17).				

A11.4 – [...] os autores propõem a utilização de constantes intervenções, podendo assim, auxiliar em suas dificuldades, melhorar a autoestima, a autoimagem e a motivação para aprender” (p. 19).

Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática

Não foram extraídas unidades de sentido dessa seção do artigo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 32 – Ficha de leitura do artigo A12.

Quadro 32 – Ficha de leitura do artigo A12.

IDENTIFICAÇÃO				
Identificação do artigo		Referência completa		
A12		GUEDES, D. F.; BLANCO, M. B.; NETO, J. C. Discalculia: uma revisão sistemática de literatura nas produções brasileiras. Educação Especial . Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 1-16, jan./dez. 2019.		
DADOS DA PUBLICAÇÃO				
Título		Discalculia: uma revisão sistemática de literatura nas produções brasileiras		
Autores		Danieli Ferreira Guedes; Marília Bazan Blanco; João Coelho Neto		
Periódico		Revista Educação Especial		
ISSN		Qualis (2017/2020)		Ano
1984-686X		A2		2019
Número		Volume		Intervalo de páginas
1		32		1-24
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO				
Questão de pesquisa			Objetivo da pesquisa	
De que modo a Discalculia tem sido abordada nos periódicos, dissertações e teses brasileiras?			Desenvolver uma revisão sistemática de literatura para identificar de que modo a Discalculia está sendo pesquisada no âmbito brasileiro.	
Palavras-chave do artigo				
Discalculia. Matemática. Revisão sistemática da literatura.				
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO				
- Definições de Discalculia; - Importância do conhecimento matemático para a autonomia do sujeito; - Fatores que podem estar associados às dificuldades em Matemática; - Fatores que podem intensificar a Discalculia do Desenvolvimento; - Diferentes possibilidades para diagnosticar a Discalculia do Desenvolvimento.				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Revisão Sistemática de Literatura	Não se aplica	Dois quadros elaborados pelos autores com os dados das produções selecionadas.	Três artigos e nove dissertações de mestrado, selecionados a partir de critérios de inclusão e exclusão não explicitados.
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	Os autores não explicitam o método de análise utilizado para tratamento dos dados.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A12.1 – [...] as dificuldades de aprendizagem na Matemática podem relacionar-se a diversos fatores, dentre eles os educacionais, como as propostas pedagógicas; linguísticos, como a fluência verbal da criança para associação				

oral e escrita dos números; emocionais, como ansiedade a Matemática, e ambientais e plásticos, relacionados a quantidade de estimulação presente no ambiente e o desenvolvimento neural” (p. 5).

A12.2 – “[...] incluem o uso de materiais manipuláveis, recursos como a calculadora, auxílio na leitura dos problemas ou montagem das contas, reforço na explicação dos sinais aritméticos” (p. 6).

A12.3 – “[...] afirmam que os jogos favorecem o desenvolvimento psicológico infantil, envolvendo ações importantes para a aprendizagem dos conhecimentos científicos, incluindo os conhecimentos matemáticos” (p. 6).

A12.4 – “[...] sobre o mau desempenho, de acordo com os autores, este pode ser decorrente de fatores extrínsecos (ambientais) e intrínsecos (individuais) com base neurobiológica, incluindo também problemas emocionais (baixa autoestima e desmotivação) e problemas médicos e de saúde” (p. 9).

A12.5 – “[...] o lúdico influenciou positivamente no aspecto intelectual, social e emocional” (p. 9).

A12.6 – “[...] a autora recomenda o uso do lúdico nas intervenções psicopedagógicas, com a utilização de recursos materiais concretos como: números com pinos, material de base 10, ábaco, jogos diferenciados de dominó (envolvendo números/quantidades e operações aritméticas), trilhas numéricas, charadas com situações problemas relacionadas à construção do número e cálculos matemáticos, vira carta numérico, loto aritmética, jogos de memória, conjuntos de objetos dentro de um conjunto maior, correspondência entre objetos e conservação de quantidade (sistema monetário)” (p. 13).

A12.7 – “[...] as crianças que receberam a técnica auditivo-musical e depois a rítmica apresentaram melhores escores na memória operacional, tanto visuoespacial quanto a verbal e numérica e o treino musical parece ter contribuído para cognição numérica, mesmo nas crianças com Discalculia” (p. 15).

A12.8 – “[...] sabe-se que as dificuldades em Matemática relacionam-se tanto a fatores educacionais, como as estratégias pedagógicas, quanto a fatores de origem neurobiológica, como alterações no processamento no Sistema Nervoso Central e no desenvolvimento do senso numérico” (p. 19).

Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática

Não foram extraídas unidades de sentido dessa seção do artigo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 33 – Ficha de leitura do artigo A13.

IDENTIFICAÇÃO			
Identificação do artigo		Referência completa	
A13		BARROS, P. M.; HAZIN, I. Avaliação das funções executivas na infância: revisão dos conceitos e instrumentos. Psicologia em Pesquisa . Juiz de Fora/MG, v. 7, n. 1, p. 13-22, jan./jun. 2013.	
DADOS DA PUBLICAÇÃO			
Título		Avaliação das funções executivas na infância: revisão dos conceitos e instrumentos	
Autores		Priscila Magalhães Barros e Izabel Hazin	
Periódico		Psicologia em Pesquisa (UFJF)	
ISSN		Qualis (2017/2020)	Ano
1982-1247		B1	2013
Número		Volume	Intervalo de páginas
1		7	13-22
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO			
Questão de pesquisa		Objetivo da pesquisa	
Qual o perfil das pesquisas experimentais atuais que avaliam o funcionamento executivo na infância?		Agregar evidências de pesquisas no campo da avaliação neuropsicológica infantil, ofertando subsídios que venham guiar a prática clínica, identificando o perfil das publicações recentes e indicando novos rumos para futuras investigações.	
Palavras-chave do artigo			

Funções executivas. Avaliação neuropsicológica. Revisão sistemática.

PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO				
- Definições e principais componentes das funções executivas; - Importância das funções executivas e de seu desenvolvimento para a aprendizagem escolar; - Aspectos relacionados à anatomia das funções executivas; - Diferentes modelos explicativos de funções executivas; - Classificação das funções executivas (frias e quentes); - Instrumentos neuropsicológicos utilizados para avaliação das funções executivas.				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Revisão Sistemática	Não se aplica	Tabelas elaboradas pelas autoras.	Vinte e cinco artigos selecionados a partir de duas bases de dados e critérios de inclusão e exclusão.
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	As autoras não explicitam o método de análise utilizado para tratamento dos dados.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A13.1 – “[...] anatomicamente, as FE possuem um sistema neural distribuído, em que o córtex pré-frontal (CPF) — porção terciária do lobo frontal — desempenha um fundamental papel, mediando diferentes aspectos envolvidos no funcionamento executivo” (p. 14). A13.2 – “[...] seriam cinco os circuitos frontais subcorticais paralelos, e três destes estariam envolvidos no desempenho das FE: o circuito dorsolateral, lateral orbitofrontal e o cíngulo anterior” (p. 14). A13.3 – “[...] o CPF é a última porção cerebral a atingir o ápice maturacional, considerando-se tanto a evolução da espécie (filogênese) quanto o curso desenvolvimental individual (ontogênese)” (p. 14). A13.4 – “[...] como explicitado anteriormente, o CPF é a região cerebral mais intimamente relacionada às FE” (p. 15). A13.5 – “[...] as diferentes habilidades executivas e suas respectivas trajetórias de desenvolvimento têm início na infância, continuam na adolescência, chegando até a idade adulta” (p. 15). A13.6 – “[...] progressivamente, as crianças tornam-se capazes de avaliar múltiplos aspectos de um problema, detectar possíveis erros na execução dessas ações e corrigi-los, mantendo um planejamento inicial dirigido ao futuro e adiando gratificações” (p. 15). A13.7 – “[...] ainda segundo Natale (2007), entre quatro e cinco anos, as crianças apresentam uma relativa melhora no desempenho de tarefas de planejamento e flexibilidade cognitiva, como na tarefa da Torre de Hanói e em tarefas de fluência verbal semântica” (p. 15). A13.8 – “[...] no contexto da avaliação neuropsicológica pediátrica de FE, a maioria dos instrumentos são adaptações ou aplicações de medidas inicialmente desenvolvidas para adultos” (p. 15). A13.9 – “[...] atualmente, a compreensão da complexidade das FE e seus subdomínios admite uma avaliação integrativa de múltiplos instrumentos ou tarefas que podem estar agrupados em uma bateria fixa ou em tarefas flexíveis e adaptadas” (p. 15). A13.10 – “[...] as perspectivas que defendem a multidimensionalidade do construto das FE relacionam-nas a uma ampla variedade de funções cognitivas que implicam: atenção, concentração, seletividade de estímulos,				

• Modelos explicativos do funcionamento da memória operacional – Modelo Multicomponente (Baddeley e Hitch, 2000) e Modelo de Cowan (1995); • Relações entre memória operacional e aprendizagem; • Consequências dos prejuízos na memória operacional; • Aspectos referentes à validação de instrumentos psicométricos.				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Revisão Sistemática de Literatura	Não se aplica	Tabela elaborada pelos autores contendo informações dos artigos selecionados.	Seleção de 44 artigos dentre 245, elencados a partir de critérios de exclusão.
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	Os autores não explicitam o método de análise utilizado para tratamento dos dados.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A14.1 – “[...] a tarefa de <i>Amplitude de Dígitos</i> foi utilizada para avaliar a memória operacional” (p. 260). A14.2 – “[...] a tarefa de <i>Cubos de Corsi</i> foi utilizada para avaliar a memória operacional. A tarefa consiste de nove cubos montados em uma plataforma. Na primeira tarefa o examinador toca nos blocos e o examinando toca na mesma sequência, formando a ordem direta. Na segunda tarefa, o examinando deve tocar os cubos na ordem inversa” (p. 261). A14.3 – “[...] a tarefa <i>Hide-and-seek</i> foi utilizada para avaliar a memória operacional”. “[...] o pesquisador acompanhado da criança esconde objetos familiares que são similares em forma e tamanho em vários locais. [...] após um período de intervalo, a criança é incentivada a procurar cada objeto até que todos sejam encontrados” (p. 261). A14. 4 – “[...] a tarefa <i>Spin the pots</i> foi utilizada para avaliar a memória operacional”. “[...] as crianças são orientadas a procurar objetos que são apresentados. Os objetos são cobertos em potes opacos, que são girados, modificando a posição dos mesmos” (p. 261). A14.5 – “[...] a tarefa <i>Knox’s-cube test</i> foi utilizada para avaliar a memória operacional”. “[...] a tarefa é constituída por uma fileira alinhada de quatro cubos enfileirados e presos a uma base. O examinador toca em uma sequência de cubos. A tarefa do experimentando é tocar a mesma ordem de imediato. A outra tarefa é tocar os cubos na ordem inversa” (p. 261). A14.6 – “[...] a tarefa <i>Matriz de Pontos</i> foi utilizada para avaliar a memória operacional”. “[...] a tarefa visual envolve lembrar o local e a ordem de pontos exibidos em sequência de uma grade na tela do computador” (p. 261). A14.7 – “[...] a tarefa <i>Spatial Working Memory</i> foi utilizada para avaliar a memória operacional”. “[...] os experimentandos são solicitados a buscar fichas azuis dentro de caixas que aparecem na tela de um computador. A instrução chave é que uma vez que uma ficha tenha sido encontrada dentro de uma caixa, a caixa não será utilizada novamente. Pelo processo de eliminação, o sujeito deve encontrar as fichas azuis e utilizá-las para encher uma coluna vazia à direita na tela do computador. O sujeito decide a ordem em que as caixas são visitadas. É considerado erro voltar a uma caixa, na qual já tenha encontrado a ficha azul” (p. 261). A14.8 – “[...] a tarefa <i>Visual Matrix Task</i> foi utilizada para avaliar a memória operacional”. “[...] aos examinandos é apresentada uma série de pontos de uma matriz com um intervalo de 5 segundos para estudar a matriz. Está é removida e pergunta-se aos experimentandos: “Existem pontos na primeira coluna?” Depois de responder à questão discriminatória, os examinandos são convidados a desenhar os pontos recordados da matriz nas caixas correspondentes” (p. 261). A14.9 – “[...] a tarefa <i>Groton Maze Learning Test</i> foi utilizada para avaliar a memória operacional”. A tarefa “[...] consiste em 100 quadrados (matriz 10x10) apresentados em uma tela de computador sensível ao toque.				

Para completar a tarefa, o experimentando tem que seguir um caminho oculto (28 movimentos) através dos quadrados a partir do canto superior esquerdo, para um sinal no canto inferior direito. Barras com mensagem na parte superior e inferior da tela informam ao experimentando se o movimento está correto. Se o movimento estiver correto, uma mensagem e um som são apresentados no qual está escrito “Go On” (continue). Se o movimento estiver incorreto, ele é registrado como um “erro” e o experimentando é instruído a voltar para a última posição correta e tentar mover em uma direção diferente” (p. 261).

A14.10 – “[...] a tarefa *Teste de Memória Sequencial Não-verbal com Apoio Visual* foi utilizada para avaliar a memória operacional”. “[...] é realizado como um jogo que produz diferentes sons em sequência ao mesmo tempo em que as luzes dos correspondentes se acendem. A sequência inicia-se com um estímulo e a cada acerto, um novo estímulo é acrescentado à sequência anterior” (p. 261).

A14.11 – “[...] a *Avaliação Automatizada de Memória Operacional* foi utilizada para avaliar a memória operacional”. “[...] é um teste computadorizado que abrange a avaliação tanto da capacidade de armazenamento, processamento de informações e operações avaliadas de forma balanceada por tarefas na modalidade verbal e visuoespacial. A bateria possui 12 subtestes, cada um composto por um número variado de séries, com sequências que aumentam a complexidade progressivamente” (p. 261-262).

A14.12 – “[...] a tarefa *Verbal-to-Spatial Mapping Task* foi utilizada para avaliar a memória operacional. Nesta tarefa, aos experimentandos são mostrados os locais de alguns rótulos verbais e em seguida, após um pequeno intervalo, deve-se colocar um desses rótulos verbais no local correto. Os rótulos verbais foram dois conjuntos de palavras comuns e fonologicamente distintas. Um era o conjunto de nomes de meninas: Ann, Beth, Graça, Dawn, Ruth, Eva, Liz, Marge, e Joy, e o outro conjunto consistia de nomes de meninos: Bob, Dan, Joe, Mike, Ken, Chuck, Will, Steve e Ray” (p. 262).

A14.13 – “[...] a tarefa *Imitation Sorting Task* foi utilizada para avaliar a memória operacional”. “[...] o objetivo da tarefa é que as crianças reproduzam corretamente a sequência demonstrada, através da colocação do brinquedo correto na lata correta. No início de cada ensaio, o examinador coloca brinquedos na frente da criança. Em seguida, nomeia cada brinquedo, atraindo a atenção da criança antes de colocá-lo em uma lata. O procedimento é repetido para os outros brinquedos. Os brinquedos são então removidos das latas e colocados em frente à criança. O examinador, em seguida, pede à criança para colocar os objetos nas mesmas latas” (p. 262).

A14.14 – “[...] a tarefa *Digit Span* foi utilizada para avaliar a memória operacional”. “[...] os estímulos utilizados são dígitos numéricos aleatórios que são verbalizados com 1 segundo de intervalo entre os dígitos. Para cada item de Dígitos na Ordem Direta, a criança repete os números na mesma ordem em que foram falados. Para cada item de Dígitos na Ordem Inversa, a criança repete os números na ordem inversa” (p. 262).

A14.15 – “[...] a tarefa *Word Span* foi utilizada para avaliar a memória operacional”. “[...] os estímulos da tarefa são palavras em duas categorias semânticas - animais e objetos - e foram selecionados a fim de corresponder aos estímulos em número de sílabas (1-5) e comprimentos de palavra (número de letras). As listas são verbalizadas de acordo com o nível de complexidade crescente, de dois a nove itens. A lista deve ser repetida pelo sujeito que está sendo submetido ao teste” (p. 262).

A14.16 – “[...] a tarefa *Listening Sentence Span* foi utilizada para avaliar a memória operacional”. “[...] esta tarefa exige a apresentação de grupos de frases, lidas em voz alta, para que as crianças ao mesmo tempo entendam o conteúdo da sentença e lembrem-se da última palavra de cada frase. O número de frases no grupo gradualmente aumenta de 2 a 6. Depois que cada grupo (s) de frase (s) foi apresentado, o experimentando responde a uma pergunta sobre a (s) frase (s) e então é convidado a recordar a última palavra de cada frase (s)” (p. 262).

A14.17 – “[...] a tarefa *Sentence/Digit Span* foi utilizada para avaliar a memória operacional”. “[...] esta tarefa avalia a capacidade da criança para lembrar sequências numéricas embutidas em uma frase curta. Por exemplo: “Suponha que alguém queira levá-lo ao supermercado às 8 6 5 1 na Elstreet”. Os números são apresentados em intervalos de 2 segundos, seguido por uma questão de processo, ou seja, “Qual era o nome da rua?” (p. 262).

A14.18 – “[...] a tarefa *Testes de Memória Sequencial Auditiva de Palavras e Pseudopalavras* foi utilizada para avaliar a memória operacional. O teste contém 60 estímulos cada um. Todos os estímulos são dissílabos paroxítonos com estrutura Consoante-Vogal-Consoante-Vogal”. “[...] É solicitado que o testando ouça a sequência de estímulos de um bloco e ao final repeti-los na ordem correta” (p. 262).

A14.19 – “[...] a tarefa *N-back auditiva* foi utilizada para avaliar a memória operacional. Nessa tarefa os participantes escutam uma sequência de números, apresentados um por segundo, enquanto escutam cada número, têm de dizer o que ocorreu n posições atrás na série, por recuperação livre e sem pistas” (p. 262).

A14.20 – “[...] a tarefa *Listas de Palavras* foi utilizada para avaliar a memória operacional”. “[...] são apresentadas aos examinandos duas séries de palavras e solicitado que repita cada sequência após a apresentação” (p. 262).

A14.21 – “[...] a *Tarefa de Brown-Peterson* foi utilizada para avaliar a memória operacional. São compostas por 20 itens, sendo que cada item é um conjunto de três consoantes diferentes com baixa similaridade fonológica. O participante é solicitado a escutar atentamente três letras diferentes e repeti-las imediatamente após a apresentação. São apresentadas cinco tríades de letras” (p. 262).

A14.22 – “[...] algumas tarefas recrutam a manipulação da informação como o *Groton Maze Learning Test* e outras requisitam menos, como o *Automated Working Memory Assessment*” (p. 263).

A14.23 – “[...] a possibilidade de desenvolver tarefas a partir do modelo de memória operacional é interessante e corrobora o caráter funcional da MO, no entanto é preciso analisar os dados psicométricos dessas tarefas. Isso é interessante, pois diferentes tarefas apresentam formas e intensidade da manipulação da informação na MO de maneira mais acentuada” (p. 263).

Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática

O estudo não apresentou seção específica para as considerações finais.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 35 – Ficha de leitura do artigo A15.

IDENTIFICAÇÃO			
Identificação do artigo		Referência completa	
A15		PÉREZ-PUELLES, L. G. Neurociencia educacional: un nuevo desafio para los educadores. Didascalía: didáctica y educación . Las Tunas (Cuba), v. 12, n. 2, p. 157-173, abr./jun. 2021.	
DADOS DA PUBLICAÇÃO			
Título		Neurociencia educacional: un nuevo desafio para los educadores	
Autores		Lourdes Guitart Pérez-Puelles	
Periódico		Didascalía: didáctica y educación	
ISSN		Qualis (2017/2020)	Ano
2224-2643		A1	2021
Número		Volume	Intervalo de páginas
2		12	157-173
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO			
Questão de pesquisa		Objetivo da pesquisa	
A autora não explicita uma questão de pesquisa no estudo.		Mostrar os critérios de importantes autores envolvidos no debate histórico e propor tópicos em áreas comuns de pesquisa em Neurociência Educacional, Neurociência Cognitiva, Psicologia e Educação.	
Palavras-chave do artigo			
Aprendizaje. Educación. Neurociencia educacional. Neurociencia cognitiva. Psicología.			
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO			
• Crítica à educação tradicional; • Alguns argumentos contra e a favor da utilização de achados neurocientíficos na pesquisa educacional; • Complexidade da aprendizagem e necessidade de interdisciplinaridade; • Diferentes nomenclaturas para áreas que associam Neurociência à Educação;			

- Cuidado com questões epistemológicas e metodológicas que diferenciam as duas áreas (Neurociência e Educação);
- Ao estudar Neurociência e Educação deve-se considerar a interdisciplinaridade em direção à transdisciplinaridade;
- Necessidade de um sistema que integre os componentes biológico, social e cognitivo;
- Dificuldade de “traduzir” o conhecimento neurocientífico de maneira a conseguir aplicá-lo no contexto educacional;
- Necessidade de fluxo bidirecional entre as áreas de Neurociência e Educação;
- Cuidado com a questão de validade ecológica dos resultados obtidos em cada espaço (laboratório X sala de aula);
- Necessidade de construção de “pontes” entre neurociência e educação;
- Necessidade de cuidado com as generalizações nas nomenclaturas, pois há diferença entre Neuroeducação e Neurociência Educacional;
- Há diferentes níveis de análise dos achados neurocientíficos (ambiental, biológico, cognitivo e comportamental).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO

Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Bibliográfica	Não se aplica	Não se aplica	A autora escolhe intencionalmente os artigos utilizados para discussão.

ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS

Método de análise | A autora não explicita o método de análise utilizado para tratamento dos dados.

Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática

A15.1 – “[...] la posibilidad de integrar los tres niveles de análisis (biológico, cognitivo y comportamental) para el estudio del desarrollo y el aprendizaje humano, exige traspasar los límites epistemológicos propios de cada uno de estos niveles, con el fin de generar conocimientos complejos” (p. 159).

A15.1 (T) – “[...] a possibilidade de integrar os três níveis de análise (biológico, cognitivo e comportamental) para o estudo do desenvolvimento humano e da aprendizagem requer ir além dos limites epistemológicos de cada um desses níveis, a fim de gerar conhecimentos complexos” (p. 159).

A15.2 – “[...] la autora asegura que el aprendizaje exitoso depende del plan de estudios y el profesor; del contexto proporcionado por el aula y la familia y, en sentido amplio, de la escuela y la comunidad, pero también afecta directamente la función cerebral” (p. 160).

A15.2 (T) – “[...] a autora garante que o sucesso da aprendizagem depende do plano de estudos e do professor; do contexto proporcionado pela sala de aula e pela família e, em sentido amplo, da escola e da comunidade, mas também afeta diretamente a função cerebral” (p. 160).

A15.3 – “[...] no deja de llamar la atención sobre el problema de extraer conclusiones normativas (propio de la educación) de premisas empíricas (como ocurre en neurociencias)” (p. 161).

A15.3 (T) – “[...] não deixa de chamar a atenção para o problema de tirar conclusões normativas (típicas da educação) a partir de premissas empíricas (como ocorre na neurociência)” (p. 161).

A15.4 – “[...] insiste, en que el vínculo paradójico entre las neurociencias y la psicología y el verdadero pegamento es la educación” (p. 161).

A15.4 (T) – “[...] ele insiste que a ligação paradoxal entre neurociências e psicologia e a verdadeira cola é a educação” (p. 161).

A15.5 – “[...] la integración de los saberes neurocientíficos y educativos requiere, en el orden conceptual, distinguir las categorías que cada una de ellas estudian vinculadas a los objetos de investigación de la disciplina” (p. 162).

A15.5 (T) – “[...] a integração dos saberes neurocientíficos e educacionais exige, na ordem conceitual, distinguir as categorias que cada um deles estuda vinculadas aos objetos de pesquisa da disciplina” (p. 162).

A15.6 – “[...] ejemplo de reduccionismo son las prácticas que han dado origen a técnicas de intervención farmacológicas, para el tratamiento de los trastornos por déficit de atención e hiperactividad o la atribución exclusiva de dificultades en la escritura a déficit neurológico, cuando este déficit puede originarse en didácticas y prácticas educativas inadecuadas” (p. 162).

A15.6 (T) – “[...] são exemplos de reducionismo as práticas que têm dado origem a técnicas de intervenção farmacológica, para o tratamento dos distúrbios de défice de atenção e hiperatividade, ou a atribuição exclusiva das dificuldades de escrita a défice neurológico, quando esse défice pode ter origem em didáticas e práticas educativas inadequadas” (p. 162).

A15.7 – “[...] plantean que el nivel cognitivo de análisis sigue siendo la primera interface del puente entre neurociencias y educación, aún si se espera que medidas neurales puedan incrementar el conocimiento de nuestros modelos de aprendizaje” (p. 163).

A15.7 (T) – “[...] propõem que o nível cognitivo de análise continua a ser a primeira interface da ponte entre as neurociências e a educação, mesmo que se espere que medidas neurais possam aumentar o conhecimento de nossos modelos de aprendizagem” (p. 163).

A15.8 – “[...] John Bruer fue uno de los pioneros en conectar la naciente investigación en neurociencia cognitiva y la educación en Estados Unidos” (p. 163).

A15.8 (T) – “[...] John Bruer foi um dos pioneiros em conectar a nascente pesquisa em neurociência cognitiva e educação nos Estados Unidos” (p. 163).

A15.9 – “[...] El desarrollo de la neurociencia cognitiva ha contribuido a comprender cómo el cerebro se desarrolla y cambia con la experiencia desde la infancia hacia la adultez; los mecanismos neurales subyacentes al aprendizaje escolar y sus déficits (Blakemore y Bunge, 2012). Este conocimiento se torna relevante a la educación, por cuanto amparan el procesamiento de información relevante; diferencias individuales en el aprendizaje, la motivación y la memoria, entre otras, además de los trastornos que afectan los objetivos de la educación y efectivas intervenciones” (p. 164).

A15.9 (T) – “[...] o desenvolvimento da neurociência cognitiva contribuiu para a compreensão de como o cérebro se desenvolve e muda com a experiência desde a infância até a idade adulta; os mecanismos neurais subjacentes à aprendizagem escolar e seus déficits (Blakemore & Bunge, 2012). Esse conhecimento torna-se relevante para a educação, pois dá suporte ao processamento de informações relevantes; diferenças individuais na aprendizagem, motivação e memória, entre outras, além de distúrbios que afetam os objetivos da educação e intervenções eficazes” (p. 164).

A15.10 – “[...] las teorías de las neurociencias pueden orientar proyectos de investigación interdisciplinares como el descubrimiento de períodos críticos en el desarrollo del aprendizaje o la plasticidad cerebral, para explicar, a nivel neuronal, los mecanismos de adaptación y el aprendizaje” (p. 164).

A15.10 (T) – “[...] as teorias da neurociência podem orientar projetos de pesquisa interdisciplinares, como a descoberta de períodos críticos no desenvolvimento da aprendizagem ou da plasticidade cerebral, para explicar, no nível neuronal, os mecanismos de adaptação e aprendizagem” (p. 164).

A15.11 – “[...] la neurociencia educacional se ha afianzado en el Centro para la Neurociencia en la Educación, de la Universidad de Cambridge, fundado en 2005, que agrupa a los investigadores en neurociencia cognitiva, neurociencia cognitiva del desarrollo, psicología y tecnologías educativas, teorías educativas y otras disciplinas relacionadas que estudian las interacciones entre los procesos biológicos y la educación. De ahí que tengan un interés más teórico, a diferencia de la neuroeducación, que está orientada a las aplicaciones prácticas de los hallazgos neurocientíficos al aprendizaje y la enseñanza en el aula (Clark J., 2013). Szücs D. y Goswami U. (2007) la definen como una combinación entre la neurociencia cognitiva y la metodología comportamental, para la investigación de las representaciones mentales” (p. 165).

A15.11 (T) – “[...] a neurociência educacional se estabeleceu no Centro de Neurociência em Educação da Universidade de Cambridge, fundado em 2005, que reúne pesquisadores em neurociência cognitiva, neurociência cognitiva do desenvolvimento, psicologia e tecnologias educacionais, teorias educacionais e outras disciplinas. Estudos relacionados que estudam as interações entre os processos biológicos e a educação. Assim, eles têm um interesse mais teórico, ao contrário da neuroeducação, que é orientada para as aplicações práticas de descobertas neurocientíficas para aprender e ensinar em sala de aula (Clark J., 2013). Szűcs D. e Goswami U. (2007) a definem como uma combinação entre neurociência cognitiva e metodologia comportamental, para a investigação de representações mentais” (p. 165).

Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática

A15.12 – “[...] compresión del momento óptimo para determinados tipos de aprendizaje, especialmente en adolescentes y adultos mayores a partir de los hallazgos de — Períodos críticos” (p. 169).

A15.12 (T) – “[...] compreender o momento ideal para certos tipos de aprendizagem, especialmente em adolescentes e adultos mais velhos com base nos achados de "Períodos críticos" (p. 169).

A15.13 – “[...] profundizar en el aprendizaje por imitación y el aprendizaje social, así como la influencia de factores socioculturales en la constante reconfiguración de las conexiones neurales bajo las nociones de — neuronas espejo y — plasticidad neuronal” (p. 169).

A15.13 (T) – “[...] aprofundar a aprendizagem por imitação e aprendizagem social, bem como a influência de fatores socioculturais na constante reconfiguração das conexões neurais sob as noções de neurônios espelho e plasticidade neural” (p. 169).

A15.14 – “[...] comprensión de la interacción entre el incremento del conocimiento y el declive de la función ejecutiva y la memoria. Indagación sobre las redes de actividad neural y el rol de la función ejecutiva y la memoria para informar y modificar modelos cognitivos asimilados por las teorías del aprendizaje” (p. 169).

A15.14 (T) – “[...] compreender a interação entre o aumento do conhecimento e o declínio da função executiva e da memória. Investigação sobre redes de atividade neural e o papel da função executiva e da memória para informar e modificar modelos cognitivos assimilados por teorias de aprendizagem” (p. 169).

A15.15 – “[...] desentrañar los mecanismos neuronales de las emociones, subrayando el impacto del estrés sobre el aprendizaje y la memoria y los factores que pueden lograr el autocontrol y el manejo emocional. En particular, la interacción del cerebro emocional del adolescente y los diferentes tipos de ambientes escolares” (p. 169).

A15.15 (T) – “[...] desvendar os mecanismos neurais das emoções, destacando o impacto do estresse na aprendizagem e na memória e os fatores que podem alcançar o autocontrole e a gestão emocional. Em particular, a interação do cérebro emocional do adolescente e os diferentes tipos de ambientes escolares” (p. 169).

A15.16 – “[...] comprensión de un mapa diferenciado del aprendizaje de las matemáticas a nivel cerebral (discalculia, ansiedad de las matemáticas, entre otros)” (p. 169).

A15.16 (T) – “[...] compreender um mapa diferenciado da aprendizagem matemática ao nível do cérebro (discalculia, ansiedade matemática, entre outros)” (p. 169).

A15.17 – “[...] estudios que confirmen el efecto beneficioso de la nutrición y su impacto positivo sobre el cerebro y el aprendizaje, lo cual se aplica también al ejercicio físico, el sueño, la música y la expresión creativa” (p. 169).

A15.17 (T) – “[...] estudos que confirmam o efeito benéfico da nutrição e seu impacto positivo no cérebro e na aprendizagem, que também se aplica ao exercício físico, sono, música e expressão criativa” (p. 169).

A15.18 – “[...] comprensión de la influencia de las condiciones de laboratorio en los hallazgos y la aplicación y transferencia de resultados en ambientes diferentes de donde fueron generados” (p. 169).

A15.18 (T) – “[...] compreensão da influência das condições de laboratório nas descobertas e na aplicação e transferência de resultados em ambientes diferentes de onde foram gerados” (p. 169).

Quadro 36 – Ficha de leitura do artigo A16.

IDENTIFICAÇÃO				
Identificação do artigo		Referência completa		
A16		PUEBLA, R.; TALMA, M. P. Educación y neurociencias: la conexión que hace falta. Estudios Pedagógicos . Valdivia (Chile), v. 37, n. 2, p. 379-388, 2011.		
DADOS DA PUBLICAÇÃO				
Título		Educación y neurociencias: la conexión que hace falta		
Autores		Ricardo Puebla e Maria Paz Talma		
Periódico		Estudios Pedagogicos		
ISSN		Qualis (2017/2020)		Ano
0718-0705		A1		2011
Número		Volume		Intervalo de páginas
2		37		379-388
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO				
Questão de pesquisa		Objetivo da pesquisa		
Mas, qual é até agora a real dimensão da contribuição do neurocientista à educação, a partir de seu trabalho investigativo?		Os autores não apresentam o objetivo do estudo.		
Palavras-chave do artigo				
Neurociencias de la educación. Ciencias cognitivas: aprendizaje, enseñanza.				
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO				
• Necessidade de neurocientistas e educadores trabalhando juntos; • Necessidade de articuladores preparados entre as duas áreas, capazes de fazer a desejada “ponte” entre Neurociência e Educação; • Processos mentais próprios da interpretação cognitiva e pesquisas relacionadas ao tratamento da informação tem impactado na educação (desenho curricular, didática e avaliação); • A área da cognição encontra na Neurociência suporte para validar suas descobertas; • A partir do surgimento do conexionismo, neurociência e cognição se aproximaram para compreender o funcionamento cerebral; • É aceita a sinergia de diferentes áreas para cooperarem; • As ciências cognitivas não requerem estudos a nível neuronal; • A aproximação da neurociência e da ciência da cognição não ocorreu de forma natural. Tentou-se explicar o funcionamento do cérebro pela hipótese computacional ou do cognitivismo simbólico; • O conexionismo postulou que a informação poderia ser o resultado de uma operação de sistemas de redes (neural, por exemplo); • Há presença de executores centrais espalhados pelo cérebro, em especial no córtex pré-frontal. Isso influencia na adaptação ao ambiente, por exemplo; • A hipótese inicial de funcionamento da memória era similar a um algoritmo. Hoje sabe-se que não funciona assim; • Neuropsicologia como uma área especializada dentro da Neurociência, responsável por estudar as Funções Executivas; • Universidades renomadas inclinando-se aos estudos de Neurociências aplicadas à Educação; • Diferenças entre as abordagens e o tipo de pesquisas realizadas em Educação e Neurociências; • Ainda há muitos questionamentos tanto relacionados à possibilidade quanto à necessidade de associação entre Neurociência e Educação.				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Bibliográfica	Não se aplica	Não se aplica	A autora escolhe intencionalmente os artigos

				utilizados para discussão.
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	Os autores não explicitam o método de análise utilizado para tratamento dos dados.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A16.1 – “[...] entre las características más notables de estas redes está la propiedad de que en ellas pueden ocurrir procesamientos emergentes como resultado de su propia operatoria, presentando una capacidad auto-organizativa que no podía darse en los diseños computacionales que se presentaban en los ejemplos de la cognición simbólica” (p. 381). A16.1 (T) – “[...] entre as características mais notáveis dessas redes está a propriedade de que o processamento emergente pode ocorrer nelas como resultado de suas próprias operações, apresentando uma capacidade de auto-organização que não poderia ocorrer nos projetos computacionais que foram apresentados nos exemplos de cognição simbólica” (p.381). A16.2 – “[...] después del período de aprendizaje, al presentar nuevamente el mismo patrón al sistema de red, éste lo reconocerá y repetirá la operatoria que ya ha podido “ensayar” previamente” (p. 382). A16.2 (T) – “[...] após o período de aprendizado, ao apresentar novamente o mesmo padrão ao sistema de rede, este o reconhecerá e repetirá a operação que já conseguiu "tentar" anteriormente” (p. 382). A16.3 – “[...] pero, descontando el apoyo que han brindado a la educación especial, a la educación la han impactado más desde lo informal como disciplina aplicada, estableciendo continuamente lazos débiles entre los productos de investigaciones no necesariamente establecidos para esta última y el hacer en las salas de clases, con resultados muchas veces pobres o sin sentido” (p. 383). A16.3 (T) – “[...] mas, descontando o apoio que têm dado à educação especial, a educação tem sido impactada de forma mais informal como disciplina aplicada, estabelecendo continuamente vínculos fracos entre produtos de pesquisa não necessariamente estabelecidos para esta e o que é feito em sala de aula” (p. 383). A16.4 – “[...] destacando sobre todo la ayuda y el apoyo a la educación a “servir” como agente investigado más que como participante activo en la investigación” (p. 383). A16.4 (T) – “[...] destacando acima de tudo o auxílio e o apoio para que a educação “sirva” como agente pesquisado e não como participante ativo da pesquisa” (p. 383). A16.5 – “[...] para contestar esta pregunta, debemos considerar primeramente que el objeto a ser investigado por la educación no necesariamente es el mismo que el que puede ser analizado desde las neurociencias; y, por tanto, el método de investigación pudiera ser también diferente” (p. 384). A16.5 (T) – “[...] para responder a essa pergunta, devemos primeiro considerar que o objeto a ser investigado pela educação não é necessariamente o mesmo que pode ser analisado a partir das neurociências; e, portanto, o método de pesquisa também poderia ser diferente” (p. 384). A16.6 – “[...] ¿Cómo hacer, entonces, para que las neurociencias se apliquen a las preguntas que tienen interés para la educación?” (p. 384). A16.6 (T) – “[...] como fazer, então, para que as neurociências sejam aplicadas às questões que interessam à educação?” (p. 384). A16.7 – “[...] y los déficit atencionales (Sonuga-Barke & Sergeant, 2005; Hale, Bookheimer, McGough, Phillips, & McCracken, 2007), probablemente uno de los principales factores que influyen en la calidad de lo que se aprende” (p. 384). A16.7 (T) – “[...] e déficits de atenção (Sonuga-Barke & Sergeant, 2005; Hale, Bookheimer, McGough, Phillips, & McCracken, 2007), provavelmente um dos principais fatores que influenciam a qualidade do que é aprendido” (p. 384).				

A16.8 – “[...] pero, para poder llegar a contestar con pertinencia educativa las preguntas antes señaladas, la investigación neurocientífica debe acercarse metodológicamente a las salas de clases, y constituir modelos de investigación que puedan llevarse a cabo en terreno o en simulaciones más cercanas a la práctica educativa” (p. 385). A16.8 (T) – “[...] mas, para poder responder as questões acima com relevância educacional, a pesquisa neurocientífica deve abordar metodologicamente a sala de aula, e estabelecer modelos de pesquisa que possam ser realizados em campo ou em simulações mais próximas da prática educacional” (p. 385). A16.9 – “[...] es decir, la disciplina de las neurociencias de la educación tiene que llegar a establecerse como tal, incorporándola oficialmente en los currículos de formación de educadores y configurándola en el concierto de las especialidades del ámbito educativo ya sea como diplomados de especialidad, maestrías, focos de acción investigativa en las propuestas doctorales en educación” (p. 385). A16.9 (T) – “[...] em outras palavras, a disciplina de neurociências na educação tem que se firmar como tal, incorporando-a oficialmente aos currículos de formação de educadores e configurando-a no concerto de especialidades no campo educacional, seja como diplomas de especialização, mestrados ou focos de investigação ação em propostas de doutorado em educação” (p. 385).
Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática
O estudo não apresentou seção específica para as considerações finais.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 37 – Ficha de leitura do artigo A17.

IDENTIFICAÇÃO			
Identificação do artigo		Referência completa	
A17		MIRANDA, M. M. M.; BUILS, R. F.; ROQUETA, C. A. Revisión sistemática del efecto de las funciones ejecutivas en el rendimiento académico. Ágora de Salut . Castelló de la Plana (Espanha), v. 7, n. 1, p. 205-215, 2020.	
DADOS DA PUBLICAÇÃO			
Título		Revisión sistemática del efecto de las funciones ejecutivas en el rendimiento académico	
Autores		María Mónica Montes Miranda, Raquel Flores Buils e Clara Andrés Roqueta	
Periódico		Ágora de Salut	
ISSN		Qualis (2017/2020)	Ano
2443-9827		NA	2020
Número		Volume	Intervalo de páginas
1		7	205-2015
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO			
Questão de pesquisa		Objetivo da pesquisa	
As autoras não explicitam uma questão de pesquisa no decorrer do artigo.		Realizar uma revisão sistemática sobre o efeito das funções executivas no rendimento académico, a partir de investigações publicadas durante as duas últimas décadas, com a finalidade de conhecer o estado atual da questão da referida área.	
Palavras-chave do artigo			
Funciones ejecutivas. Rendimiento académico. Neurociencia educativa. Revisión sistemática.			
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO			
- Definição de funções executivas; - Finalidades das funções executivas; - Subcomponentes das funções executivas; - Anatomia relacionada às funções executivas (córtex pré-frontal e subdivisões); - Relação entre alfabetização, aprendizagem matemática e funções executivas; - Períodos adequados para desenvolvimento das funções executivas;			

• Definição de rendimento acadêmico.				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Revisão Sistemática de Literatura	Não se aplica	Tabelas elaboradas pelas autoras	68 estudos selecionados dentre 155, que passaram pelos critérios de inclusão e exclusão.
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	As autoras não explicitam o método de análise utilizado para tratamento dos dados.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A17.1 – “[...] la evidencia de que la intervención y el entrenamiento de estos procesos puede generar repercusiones positivas en el rendimiento académico” (p. 206). A17.1 (T) – “[...] a evidência de que a intervenção e o treinamento desses processos podem gerar repercussões positivas no desempenho acadêmico” (p. 206). A17.2 – “[...] así pues, el sistema ejecutivo guarda una relación más estrecha con actividades intencionales, novedosas y no rutinarias, que exigen inhibir las respuestas habituales, requieren planificación y toma de decisiones y precisan de flexibilidad mental y atención sostenida” (p. 206) A17.2 (T) – “[...] assim, o sistema executivo está mais intimamente relacionado com atividades intencionais, novas e não rotineiras, que requerem inibição de respostas habituais, requerem planejamento e tomada de decisão e requerem flexibilidade mental e atenção sustentada” (p. 206). A17.3 – “[...] en un estudio de Korzeniowski (2011) sobre el desarrollo evolutivo del funcionamiento ejecutivo y su relación con el aprendizaje escolar, apunta a la existencia de tres periodos sensibles en el desarrollo de las áreas frontales: el primero se inicia entre los 4 y los 8 años de edad; el segundo, entre los 10 y 12 años y el tercero, entre los 15 y los 19 años” (p. 207). A17.3 (T) – “[...] num estudo de Korzeniowski (2011) sobre o desenvolvimento evolutivo do funcionamento executivo e a sua relação com a aprendizagem escolar, aponta para a existência de três períodos sensíveis no desenvolvimento das áreas frontais: o primeiro inicia-se entre os 4 e os 8 anos de idade. idade; a segundo, entre 10 e 12 anos e o terceiro, entre 15 e 19 anos” (p. 207). A17.4 – “[...] es importante que, desde los sistemas educativos y por medio de los profesionales de la educación, se cuente con elementos que permitan intervenir en las actividades académicas que fomenten el óptimo desarrollo de las FE” (p. 208). A17.4 (T) – “[...] é importante que, desde os sistemas educativos e através dos profissionais da educação, existam elementos que permitam a intervenção nas atividades acadêmicas que promovam o desenvolvimento ótimo das EF” (p. 208). A17.5 – “[...] existe una correlación positiva entre RA y FE y también entre bajo rendimiento académico y déficit ejecutivo” (p. 212). A17.5 (T) – “[...] existe uma correlação positiva entre rendimento acadêmico e funções executivas e também entre baixo desempenho acadêmico e déficit executivo” (p. 212). A17.6 – “[...] se relacionan directamente varios componentes de las FE con el buen rendimiento en matemáticas” (p. 212). A17.6 (T) – “[...] vários componentes das FE estão diretamente relacionados ao bom desempenho em matemática” (p. 212).				

A17.7 – “[...] el buen rendimiento en tareas de memoria de trabajo y razonamiento perceptual (componentes de las FE) se relacionan con el buen rendimiento en ciências” (p. 212).

A17.7 (T) – “[...] bom desempenho em tarefas de memória de trabalho e raciocínio perceptivo (componentes de FE) estão relacionados a bom desempenho em ciências” (p. 212).

A17.8 – “[...] la inteligencia fluida y cristalizada se relaciona con los componentes de las FE” (p. 212).

A17.8 (T) – “[...] a inteligência fluida e cristalizada está relacionada aos componentes de FE” (p. 212).

A17.9 – “[...] un mayor grado de autonomía está relacionado con altas capacidades en las FE” (p. 212).

A17.9 (T) – “[...] um maior grau de autonomia está relacionado a altas capacidades em FE” (p. 212).

Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática

A17.10 – “[...] los principales hallazgos referentes a la investigación en FE y RA son alentadores, pues la gran mayoría de estudios han demostrado que existe una estrecha relación entre estos dos constructos” (p. 213).

A17.10 (T) – “[...] as principais conclusões sobre as pesquisas sobre funções executivas e rendimento acadêmico são animadoras, uma vez que a grande maioria dos estudos mostrou que existe uma estreita relação entre esses dois construtos” (p. 213).

A17.11 – “[...] finalmente, un campo que destaca por su relevancia constatada en múltiples investigaciones es el de la autonomía y su efecto positivo en el desarrollo de las FE” (p. 213).

A17.11 (T) – “[...] por fim, um campo que se destaca pela relevância verificada em múltiplas investigações é o da autonomia e seu efeito positivo no desenvolvimento das FE” (p. 213).

A17.12 – “[...] de las conclusiones obtenidas se puede decir que las FE podrían ser un buen componente a tener en cuenta en el currículo escolar y que se deben fortalecer transversalmente en todas las asignaturas, dada la relación demostrada con el RA” (p. 213).

A17.12 (T) – “[...] das conclusões obtidas pode afirmar-se que as EF poderão ser uma boa componente a ter em conta no currículo escolar e que devem ser reforçadas transversalmente em todas as disciplinas, dada a relação demonstrada com a RA” (p. 213).

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 38 – Ficha de leitura do artigo A18.

Quadro 36 – Ficha de leitura do artigo A18.

IDENTIFICAÇÃO		
Identificação do artigo	Referência completa	
A18	CAMBEROS, D. I. M.; MORA, E. M.; RAMÍREZ, S. P.; VALBUENA, L. P. A. Revisión sistemática: implicaciones de la memoria de trabajo en el neurodesarrollo y el aprendizaje. Revista Iberoamericana de Educación . Madrid (Espanha), v. 3, n. 4, p. 121-159, out./dez. 2020.	
DADOS DA PUBLICAÇÃO		
Título	Revisión sistemática: implicaciones de la memoria de trabajo en el neurosesarrollo y el aprendizaje	
Autores	Dayanna Isabel Maestre Camberos, Eneida Mora Mora, Santiago Pinto Ramírez e Lina Paola Andrade Valbuena	
Periódico	Revista Iberoamericana de Educación	
ISSN	Qualis (2017/2020)	Ano
1022-6508	A2	2020
Número	Volume	Intervalo de páginas
4	3	121-159
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO		
Questão de pesquisa		Objetivo da pesquisa

Os autores não explicitam uma questão de pesquisa no decorrer do artigo.		Apresentar uma revisão sistemática sobre Memória de Trabalho (MT), que compila as várias teorias, pesquisas e implicações no desenvolvimento, distúrbios e aprendizagem.		
Palavras-chave do artigo				
Memoria. Memoria de Trabajo. Memoria a corto plazo. Desarrollo. Educación. Transtornos.				
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO				
- O estudo do cérebro envolve muitas disciplinas que podem ser "tangíveis" ou "intangíveis". Um exemplo dessa intangibilidade são as funções executivas; - As funções executivas se desenvolvem desde a infância à idade adulta; - Relações do desenvolvimento da MT com patologias, transtornos neurológicos, demências, lesões cerebrais, dentre outros; - Funções Executivas (surgimento do termo, definições na perspectiva de diferentes autores, componentes das FE, finalidades das FE); - Memória (anatomia, definições e componentes da memória, características dos diferentes tipos de memória, classificação das memórias sob diferentes critérios, funções das memórias, diferentes modelos); - Memória de trabalho (idade adequada, modos de exercitar a MT, influência do envelhecimento na MT, consequências da defasagem na MT, finalidades da MT na aquisição da linguagem e matemática).				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Revisão Sistemática Descritiva	Não se aplica	Fichas de leitura com metodologia e resultados dos artigos incluídos na análise.	61 artigos coletados a partir de 9 bases de dados, considerando critérios de inclusão.
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	Os autores não explicitam o método de análise utilizado para tratamento dos dados.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A18.1 – “[...] el cerebro presenta cambios naturales en relación a la edad, este proceso de formación de la MT se da en la niñez, finalizando en la adultez temprana y a través de los años hay una disminución progresiva de esta capacidad, siendo la actividad física y el entrenamiento cognitivo un factor protector en esta etapa” (p. 124-125). A18.1 (T) – “[...] o cérebro apresenta mudanças naturais em relação à idade, esse processo de formação da MT ocorre na infância, terminando no início da idade adulta e ao longo dos anos há uma diminuição progressiva dessa capacidade, sendo a atividade física e o treinamento cognitivo um fator protetor nessa fase” (p. 124-125). A18.2 – “[...] las Funciones Ejecutivas (FE), abarcan un amplio rango de procesos motrices, físicos, emocionales y sociales en el ser humano, los cuales inician su desarrollo desde los primeros años de vida haciendo uso de diferentes destrezas donde fomentarán la madurez y funcionamiento de la corteza prefrontal dado su papel integrador y regulador” (p. 125). A18.2 (T) – “[...] as Funções Executivas (FE), abrangem uma ampla gama de processos motores, físicos, emocionais e sociais no ser humano, que iniciam seu desenvolvimento desde os primeiros anos de vida fazendo uso de diferentes habilidades onde irão promover o amadurecimento e funcionamento do córtex pré-frontal devido ao seu papel integrador e regulador” (p. 125). A18.3 – “[...] sugiere que las FE abarcan habilidades como la capacidad cognitiva estimada, atención alterna, velocidad de procesamiento, memoria de trabajo, el bucle fonológico o almacenamiento, codificación de la				

información, inhibición en respuestas o autocontrol, flexibilidad cognitiva, planificación y resolución de problemas” (p. 126).

A18.3 (T) – “[...] sugere que as FEs abrangem habilidades como habilidade cognitiva estimada, atenção alternada, velocidade de processamento, memória de trabalho, loop fonológico ou armazenamento, codificação de informações, inibição de resposta ou autocontrole, flexibilidade cognitiva, planejamento e resolução de problemas” (p. 126).

A18.4 – “[...] el cual consiste en el agrupamiento de fragmentos (chunks) de información en intervalos de 5 a 9 estímulos que pueden ser preservados en la MCP; argumentando que esta fórmula podría explicar la capacidad que poseen los individuos para guardar información por un espacio limitado de tiempo” (p. 128).

A18.4 (T) – “[...] que consiste no agrupamento de fragmentos (chunks) de informações em intervalos de 5 ou 9 estímulos que podem ser preservados na MCP; argumentando que essa fórmula poderia explicar a capacidade dos indivíduos de armazenar informações por um espaço limitado de tempo” (p. 128).

A18.5 – “[...] siendo así que, esta capacidad puede ampliarse un poco mediante el constante entrenamiento de la misma” (p. 128).

A18.5 (T) – “[...] como tal, essa capacidade pode ser um pouco expandida por meio de treinamento constante a partir dela” (p. 128).

A18.6 – “[...] sino que también dirige estos datos permitiendo que las personas lleven a cabo actividades complejas, como reflexionar, aprender y discernir” (p. 129).

A18.6 (T) – “[...] também direciona esses dados permitindo que as pessoas realizem atividades complexas, como refletir, aprender e discernir” (p. 129).

A18.7 – “[...] exponiendo que la MT requiere de la atención para el procesamiento adecuado sobre la MCP” (p. 129).

A18.7 (T) – “[...] expondo que a MT requer atenção para o processamento adequado na MCP” (p. 129).

A18.8 – “[...] el cual va enfocado a la ejecución de tareas complejas, ésta tendrá una capacidad determinada, varía según la edad y diferencias individuales en cuanto a las capacidades intelectuales, pero la razón por la que más dependerá la medida de su capacidad es el desarrollo cognitivo presentado durante la infancia” (p. 131).

A18.8 (T) – “[...] que se concentra na execução de tarefas complexas, terá uma certa capacidade, varia de acordo com a idade e as diferenças individuais em termos de capacidades intelectuais, mas a razão pela qual a medida de sua capacidade dependerá mais é o desenvolvimento cognitivo apresentado durante a infância” (p. 131).

A18.9 – “[...] plantean que este proceso de degradación cognitiva, es menos severo si se tiene una buena capacidad física” (p. 132).

A18.9 (T) – “[...] sugerem que esse processo de degradação cognitiva é menos grave se você tiver uma boa capacidade física” (p. 132).

A18.10 – “[...] para evitar el deterioro cognitivo en los adultos mayores se recomienda una continua actividad mental, con talleres de memoria, crucigramas, sopas de letras, además, de una nutrición equilibrada y conservar una participación social activa” (p. 132).

A18.10 (T) – “[...] para evitar a deterioração cognitiva em idosos, recomenda-se atividade mental contínua, com oficinas de memória, palavras cruzadas, caça-palavras, além de alimentação balanceada e manutenção de participação social ativa” (p. 132).

A18.11 – “[...] a causa de la alteración en esta área, se pueden desencadenar trastornos generalizados como, trastornos del aprendizaje, discapacidad intelectual, Trastorno del Espectro Autista (TEA), Asperger, así como trastornos específicos del lenguaje (TEL), dislexia, entre otros” (p. 133-134).

A18.11 (T) – “[...] Debido à alteração nessa área, podem ser desencadeados distúrbios generalizados como distúrbios de aprendizagem, deficiência intelectual, Transtorno do Espectro Autista (TEA), Asperger, além de distúrbios específicos de linguagem (TEL), dislexia, entre outros” (p. 133-134).

A18.12 – “[...] dentro de este grupo de patologías también se encuentra la discalculia, de la cual Szucs, Devine, Soltesz, Nobes y Gabriel (2013) hallaron como causal de este trastorno del aprendizaje una escasa operatividad de la MT como problemas con la MCP, es decir, mal funcionamiento del ejecutivo central (memoria viso espacial y función de inhibición), haciendo referencia a la teoría o propuesta multicomponential” (p. 134).

A18.12 (T) – “[...] a discalculia também se encontra dentro deste grupo de patologias, das quais Szucs, Devine, Soltesz, Nobes e Gabriel (2013) encontraram uma fraca operabilidade da MT como causa deste distúrbio de aprendizagem, bem como problemas com a MCP, ou seja, mau funcionamento do executivo central (memória visoespacial e função de inibição), referindo-se à teoria ou proposta multicomponente” (p. 134).

A18.13 – “[...] en esa misma línea de TND, se ha encontrado que la MT se asocia con la sintomatología del TDAH destacándose la inatención y no la impulsividad” (p. 134).

A18.13 (T) – “[...] na mesma linha do TND, verificou-se que a MT está associada a sintomas de TDAH, destacando a desatenção e não a impulsividade” (p. 134).

A18.14 – “[...] ejercicios prácticos repetitivos, potencian algunos constructos de las FE incluidas la MT” (p. 134).

A18.14 (T) – “[...] exercícios práticos repetitivos, aprimoram algumas construções de FE, incluindo MT” (p. 134).

A18.15 – “[...] tanto la MCP, como MLP, puesto que en conjunto tienen diversos vínculos para la recuperación y procesamiento de información, y gracias a la gran cantidad de teorías e investigaciones ya realizadas sobre el tema, facilita la comprensión del aprendizaje mediante el campo neuropsicológico, siendo esto de esencial interés en la educación, específicamente en las áreas de procesos del razonamiento matemático y en la adquisición de lenguajes” (p. 136-137).

A18.15 (T) – “[...] tanto a MCP quanto a MLP, pois juntas possuem diversos elos para recuperação e processamento da informação, e graças ao grande número de teorias e pesquisas já realizadas sobre o assunto, facilita o entendimento da aprendizagem através do campo neuropsicológico, sendo este de interesse essencial na educação, especificamente nas áreas de processos de raciocínio matemático e aquisição de linguagem” (p. 136-137).

A18.16 – “[...] desde la comprensión escrita, la MT procesa los datos previos adquiridos con nueva información, lo que permite entender y ampliar el significado de la lectura, por lo tanto un mayor dominio de la interpretación” (p. 137).

A18.16 (T) – “[...] a partir da compreensão escrita, a MT processa os dados previamente adquiridos com novas informações, o que permite compreender e ampliar o sentido da leitura, portanto, maior domínio da interpretação” (p. 137).

A18.17 – “[...] sugiere también en su estudio una amplia correlación entre las variables estresantes anteriormente nombradas y el contexto social que impactan en este proceso, pues afirma que la MT está involucrada en el procedimiento de adquisición de los nuevos aprendizajes” (p. 137).

A18.17 (T) – “[...] em seu estudo, ele também sugere uma ampla correlação entre as variáveis estressantes mencionadas anteriormente e o contexto social que impacta esse processo, pois afirma que a MT está envolvida no processo de aquisição de novos aprendizados” (p. 137).

A18.18 – “[...] esto se explica a causa de los efectos fisiológicos y neurobiológicos que se manifiestan, con el aumento de la frecuencia cardiaca aumenta el estrés del individuo, impidiendo un desempeño óptimo en tareas que requieran el uso de la MT” (p. 138).

A18.18 (T) – “[...] isso se explica pelos efeitos fisiológicos e neurobiológicos que se manifestam, com o aumento da frequência cardíaca aumenta o estresse do indivíduo, impedindo o desempenho ideal em tarefas que exijam o uso de MT” (p. 138).

A18.19 – “[...] las deficiencias del contexto educativo pueden también estar involucradas, impactando directamente en el desempeño de varias FE de los alumnos, incluida la MT” (p. 138).

A18.19 (T) – “[...] as deficiências do contexto educacional também podem estar envolvidas, impactando diretamente no desempenho de várias FE dos alunos, inclusive MT” (p. 138).

A18.20 – “[...] MT puede fluctuar debido al estrés y la fatiga cambiando, pero estas variaciones dependen de la tolerancia individual y del tipo de personalidad de los participantes” (p. 138).

A18.20 (T) – “[...] MT pode flutuar devido à mudança de estresse e fadiga, mas essas variações dependem da tolerância individual e do tipo de personalidade dos participantes” (p. 138).

A18.21 – “[...] demostraron que éstas habilidades tienen bajo desempeño en comparación con los estudiantes no repitentes de años escolares, particularmente en las tareas evaluativas de MT, cálculo mental y en la fluidez verbal” (p. 138).

A18.21 (T) – “[...] demonstraram que essas habilidades têm baixo desempenho em relação aos alunos não repetentes dos anos escolares, principalmente nas tarefas de avaliação de MT, cálculo mental e fluência verbal” (p. 138).

A18.22 – “[...] había mayor afectación en los campos de matemática y lecto-matemática en comparación con los procesos de lectura” (p. 139).

A18.22 (T) – “[...] houve maior afetação nas áreas de matemática e leitura-matemática em relação aos processos de leitura” (p. 139).

A18.23 – “[...] otra investigación plantea la importancia de indagar en este tema para la búsqueda de estrategias de enseñanza que fortalezcan los procesos concernientes a la MT, específicamente para fortalecer este campo” (p. 139).

A18.23 (T) – “[...] outras pesquisas levantam a importância de investigar este tema para buscar estratégias de ensino que fortaleçam os processos relativos à MT, especificamente para fortalecer este campo” (p. 139).

A18.24 – “[...] con respecto al desarrollo de las habilidades aritméticas están relacionados con la MT, estas competencias se inician en los primeros años de escolaridad, estas van desde las capacidades básicas numéricas hasta las más complejas, en ese sentido la MT cumple con una función de codificar, comparar, recuperar la información como códigos, símbolos e imágenes ya sean verbales o escritas como lo cita Castro *et al.* (2017)” (p. 140).

A18.24 (T) – “[...] em relação ao desenvolvimento das habilidades aritméticas, elas estão relacionadas à MT, essas habilidades começam nos primeiros anos de escolaridade, essas vão desde habilidades numéricas básicas até as mais complexas, nesse sentido, a MT cumpre uma função de codificar, comparar, recuperar informações como códigos, símbolos e imagens, sejam verbais ou escritas, conforme citado por Castro *et al.* (2017)” (p. 140).

A18.25 – “[...] en concordancia con esta definición Cragg & Gilmore (2014), expresan que la MT además de permitir la retención diligente de la información y el procesamiento mental idóneo de ejercicios, posibilita la resolución de problemas matemáticos que involucran pasos a seguir (como se citó en Canet *et al.*, 2017)” (p. 140).

A18.25 (T) – “[...] de acordo com essa definição, Cragg & Gilmore (2014), expressam que a MT, além de permitir a retenção diligente de informações e o processamento mental ideal de exercícios, possibilita a

resolución de problemas matemáticos que involucran etapas a seguir (como citado en Canet *et al.*, 2017)” (p. 140).

A18.26 – “[...] Teste de Desempenho Escolar” (p. 140).

A18.26 (T) – “[...] Teste de Desempenho Escolar” (p. 140)

A18.27 – “[...] Teste de Conhecimento Numérico de Okamoto e Caso (1996)” (p. 140).

A18.27 (T) – “[...]Teste de Conhecimento Numérico de Okamoto e Caso (1996)” (p. 140).

A18.28 – “[...] para comenzar, se dice que las FE contienen la MT (Gioia, 2002), esta se entiende como un sistema que almacena la información de forma consciente por cortos periodo de tiempo, así mismo, la coordina y utiliza para realizar actividades dentro de lo cotidiano” (p. 142).

A18.28 (T) – “[...] para começar, diz-se que as FEs contêm MT (Gioia, 2002), este é entendido como um sistema que armazena conscientemente informações por curtos períodos de tempo, da mesma forma, as coordena e as utiliza para realizar atividades dentro da vida diária” (p. 142).

A18.29 – “[...] encontraron que se da inicio a la formación del sistema de MT, la cual finaliza en la etapa de desarrollo de la adultez joven” (p. 143).

A18.29 (T) – “[...] descobriram que a formação do sistema MT começa, que termina no estágio de desenvolvimento da idade adulta jovem” (p. 143).

A18.30 – “[...] en cuanto al proceso de aprendizaje se halló que el papel de la MT es fundamental, ya que mediante ésta se adquieren, preservan e interiorizan los conocimientos en todos los ámbitos en el que se desenvuelve el niño (Baddeley *et al.*, 2018), como el proceso de incorporación de procesos matemáticos” (p. 144).

A18.30 (T) – “[...] em relação ao processo de aprendizagem, constatou-se que o papel da MT é fundamental, pois por meio dela o conhecimento é adquirido, preservado e internalizado em todas as áreas em que a criança atua (Baddeley *et al.*, 2018), como o processo de incorporação matemática” (p. 144).

A18.31 – “[...] se evidenció que estos aprendizajes se ven afectados a causa de las exigencias académicas, así como la falta de organización y planificación de tareas, lo cual, causa estrés, dependiendo del nivel de afrontamiento de cada individuo, (Suárez *et al.*, 2020) y su personalidad” (p. 144).

A18.31 (T) – “[...] ficou evidenciado que esse aprendizado é afetado devido às demandas acadêmicas, bem como a falta de organização e planejamento de tarefas, o que causa estresse, dependendo do nível de enfrentamento de cada indivíduo (Suárez *et al.*, 2020) e sua personalidade” (p. 144).

Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática

A18.32 – “[...] En lo que respecta a los hallazgos en el área perteneciente a la educación, los teóricos enfatizan que la MT es un proceso fundamental para la adquisición de conocimiento, en los aspectos de comunicación, tanto verbal como escrito, (Verhagen & Leseman, 2016), así como los procesos de adquisición de signos, símbolos y contenido matemáticos en general” (p. 145-146).

A18.32 (T) – “[...] em relação aos achados na área educacional, os teóricos enfatizam que a MT é um processo fundamental para a aquisição de conhecimento, tanto nos aspectos de comunicação, tanto verbal quanto escrita, (Verhagen & Leseman, 2016), bem como nos processos de aquisição de habilidades matemáticas. signos, símbolos e conteúdos matemáticos em geral” (p. 145-146).

A18.33 – “[...] se vuelve pertinente la realización de un análisis y futuro ajuste en las mallas curriculares de las instituciones acorde con las investigaciones que favorezcan y permitan mayores estrategias de aprendizaje en los niños, de esta manera generar igualdad de condiciones dentro de la población estudiantil” (p. 146)

A18.33 (T) – “[...] torna-se pertinente realizar uma análise e futura adequação nas malhas curriculares das instituições de acordo com as investigações que favorecem e permitem maiores estratégias de aprendizagem nas crianças, gerando assim condições de igualdade entre a população estudantil” (p. 146).

A18.34 – “[...] a partir del análisis de la Tabla 1 se enfatiza que debe existir aplicación entre conocimiento/acción en el contexto educativo y las neurociencias, donde todo lo que se aborde dentro las investigaciones sea puesto en práctica, además que estos trabajos propicien espacios de reflexión para generar propuestas, alternativas y actualizaciones para mantener la vanguardia. A pesar de que se evidencian demasiadas investigaciones se sugiere abordar estos temas de forma mancomunada para lograr un entrenamiento integral” (p. 147).

A18.34 (T) – “[...] a partir da análise da Tabela 1, destaca-se que deve haver uma aplicação entre conhecimento/ação no contexto educacional e as neurociências, onde tudo o que é abordado nas investigações é colocado em prática, além de que esses trabalhos fornecem espaços para reflexão para gerar propostas, alternativas e atualizações para ficar à frente. Apesar de haver muita pesquisa, sugere-se abordar essas questões em conjunto para obter uma formação abrangente” (p. 147).

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 39 – Ficha de leitura do artigo A19.

Quadro 55 – Ficha de leitura do artigo A19.

IDENTIFICAÇÃO				
Identificação do artigo		Referência completa		
A19		STELZER, F.; CERVIGNI, M. A.; MAZZONI, C. Programas de entrenamiento cognitivo de la memoria de trabajo: un análisis comparativo de estudios en niños. Revista Puertorriqueña de Psicología . San Juan (Puerto Rico), v. 24, n. 2, p. 1-17, 2013.		
DADOS DA PUBLICAÇÃO				
Título		Programas de entrenamiento cognitivo de la memoria de trabajo: um análisis comparativo de estudios en niños		
Autores		Florenia Stelzer, Maurício Cervigni e Cecília Mazzoni		
Periódico		Revista Puertorriqueña de Psicología		
ISSN		Qualis (2017/2020)		Ano
1946-2026		A2		2013
Número		Volume		Intervalo de páginas
2		24		1-17
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO				
Questão de pesquisa			Objetivo da pesquisa	
Os autores não apresentam uma questão específica que desencadeia o estudo.			Descrever e comparar os desenhos e resultados dos Programas de Treinamento Cognitivo orientados para treinar processos da memória de trabalho em crianças, publicados durante a última década.	
Palavras-chave do artigo				
Memoria de Trabajo. Desarrollo cognitivo. Entrenamiento cognitivo. Transferencia.				
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO				
- Definição de memória de trabalho; - Os quatro componentes da memória de trabalho e suas funções; - Surgimento dos programas de treinamento cognitivo, finalidades e características.				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Revisão Sistemática de Literatura	Não se aplica	Tabelas elaboradas pelos próprios autores.	51 estudos selecionados da base PubMed, a partir de critérios

				de inclusão e exclusão.
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	Os autores não explicitam o método de análise utilizado para tratamento dos dados.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A19.1 – “[...] el entrenamiento en MT produjo mejoras en el desempeño de los participantes en tareas de atención” (p. 4).				
A19.1 (T) – “[...] o treinamento da MT produziu melhorias no desempenho dos participantes em tarefas de atenção” (p. 4).				
A19.2 – “[...] El programa de estimulación incluyó entrenamiento en técnicas de codificación y recuperación de información verbal y su posterior aplicación en tareas con demandas del ejecutivo central (tareas digitales y manuales de expansión de memoria y de recuperación de dígitos inversa)” (p. 4).				
A19.2 (T) – “[...] o programa de estimulação incluiu treinamento em técnicas de codificação e recuperação de informações verbais e sua posterior aplicação em tarefas com demandas do executivo central (tarefas digitais e manuais de expansão de memória e recuperação de dígitos inversos)” (p. 4).				
A19.3 – “[...] el mismo fue implementado en el ámbito de la escuela, 15 minutos por día durante 6 semanas” (p. 4).				
A19.3 (T) – “[...] Foi implementado no nível escolar, 15 minutos por dia durante 6 semanas” (p. 4).				
A19.4 – “[...] observó mejoras significativas en el desempeño matemático (tarea de adición) de los participantes. En su conjunto, el estudio efectuado por Witt indicaría que en niños sanos el entrenamiento en tareas con demandas del componente ejecutivo central de la MT, tendría efectos favorables sobre aspectos no entrenados de dicho constructo (MT visoespacial) y sobre el desempeño de los sujetos en matemática” (p. 4).				
A19.4 (T) – “[...] observaram melhorias significativas no desempenho matemático (tarefa de adição) dos participantes. Como um todo, o estudo realizado por Witt indicaria que em crianças saudáveis o treinamento em tarefas com demandas do componente executivo central da MT teria efeitos favoráveis em aspectos não treinados desse constructo (MT visuoespacial) e no desempenho dos sujeitos em matemática” (p. 4).				
A19.5 – “[...] la evaluación de los efectos del programa se produjo inmediatamente tras haber concluido la administración del mismo. De este modo, sería necesario determinar en posteriores trabajos si los cambios observados persistirían a lo largo del tiempo” (p. 4).				
A19.5 (T) – “[...] a avaliação dos efeitos do programa ocorreu imediatamente após o término de sua administração. Dessa forma, seria necessário determinar em trabalhos posteriores se as mudanças observadas persistiriam ao longo do tempo” (p. 4).				
A19.6 – “[...] el GE recibió entrenamiento en tareas computarizadas de MT con demandas de los componentes ejecutivo central y MT visoespacial (paradigma espacial n-back)” (p.4).				
A19.6 (T) – “[...] o GE recebeu treinamento em tarefas computadorizadas de MT com demandas dos componentes executivo central e visuoespacial da MT (paradigma espacial n-back)” (p.4).				
A19.7 – “[...] en cambio, tres de los estudios revisados han hallado una transferencia de los resultados de la estimulación sobre aspectos de la MT no entrenados” (p.6).				
A19.7 (T) – “[...] em contraste, três dos estudos revisados encontraram uma transferência de resultados de estimulação em aspectos não treinados da MT” (p. 6).				
A19.8 – “[...] los niños asignados al GE recibieron entrenamiento en tareas computarizas de MT (MT visoespacial, recuerdo de dígitos inversos, expansión de letras) y de control atencional e inhibitorio (tarea de reacción selectiva [CRTT])” (p. 7).				

A19.8 (T) – “[...] as crianças designadas para o GE receberam treinamento em tarefas computadorizadas de MT (MT visuoespacial, recuperação de dígitos invertidos, expansão de letras) e controle atencional e inibitório (tarefa de reação seletiva [CRTT])” (p. 7).

A19.9 – “[...] el impacto positivo del entrenamiento en MT sobre la semiología de los trastornos atencionales fue corroborado en estudios posteriores” (p. 7).

A19.9 (T) – “[...] o impacto positivo do treinamento da MT na semiologia dos distúrbios de atenção foi corroborado em estudos posteriores” (p. 7).

A19.10 – “[...] Asimismo, se observó una disminución del número de síntomas de TDAH reportado por los docentes” (p. 7).

A19.10 (T) – “[...] da mesma forma, observou-se uma diminuição no número de sintomas de TDAH relatados pelos professores” (p. 7).

A19.11 – “[...] los cambios hallados por estos autores se mantuvieron cuatro meses después de la intervención” (p. 8).

A19.11 (T) – “[...] as alterações encontradas por esses autores mantiveram-se quatro meses após a intervenção” (p. 8).

A19.12 – “[...] conformada por niños de 7-12 años de edad que no se hallaban en tratamiento farmacológico. Los niños del GE fueron entrenados en tareas computarizadas de MT con demandas en los distintos componentes de la MT (ejecutivo central, bucle fonológico y agenda visoespacial) (RoboMemo, Cogmed Cognitive Medical Systems)” (p. 8).

A19.12 (T) – “[...] constituído por crianças de 7 a 12 anos que não estavam em tratamento medicamentoso. As crianças do GE foram treinadas em tarefas computadorizadas de MT com demandas nos diferentes componentes da MT (executivo central, loop fonológico e agenda visuoespacial) (RoboMemo, Cogmed Cognitive Medical Systems)” (p. 8).

A19.13 – “[...] si bien algunos trabajos han reportado una transferencia de los efectos de los PEC en MT sobre el rendimiento en ciertas competencias matemáticas” (p. 10).

A19.13 (T) – “[...] embora alguns trabalhos tenham relatado uma transferência dos efeitos do PEC em MT no desempenho em certas habilidades matemáticas” (p. 10).

A19.14 – “[...] la revisión de la literatura realizada indica que el entrenamiento en diferentes aspectos de la MT tendría un efecto favorable sobre aquellos aspectos de la MT entrenados y no entrenados tanto en niños sanos” (p. 11).

A19.14 (T) – “[...] a revisão da literatura realizada indica que o treinamento em diferentes aspectos da MT teria um efeito favorável sobre os aspectos da MT treinados e não treinados em ambas as crianças saudáveis” (p. 11).

A19.15 – “[...] algunos trabajos señalarían que existe un efecto de transferencia sobre el rendimiento en tareas que evalúan la capacidad de control inhibitorio” (p. 12).

A19.15 (T) – “[...] alguns estudos indicam que há um efeito de transferência no desempenho em tarefas que avaliam a capacidade de controle inibitório” (p. 12).

A19.16 – “[...] algunos investigadores han encontrado, tanto en niños sanos como con trastornos de aprendizaje, un efecto de transferencia positivo inmediato sobre tareas que evaluarían el desempeño matemático” (p. 13).

A19.16 (T) – “[...] alguns pesquisadores descobriram, tanto em crianças saudáveis quanto em crianças com dificuldades de aprendizagem, um efeito de transferência positivo imediato em tarefas que avaliariam o desempenho matemático” (p. 13).

A19.17 – “[...] otros autores han hallado que tal efecto de transferencia se produciría a posteriori, al menos hasta 6 meses después de concluir la intervención” (p. 13).

A19.17 (T) – “[...] outros autores constataram que tal efeito de transferência ocorreria a posteriori, pelo menos até 6 meses após o término da intervenção” (p. 13).
Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática
A19.18 – “[...] la revisión de la literatura realizada indica que el entrenamiento en diferentes aspectos de la MT tendría un efecto favorable sobre aquellos aspectos de la MT entrenados y no entrenados en diferentes grupos etáreos de niños sanos” (p. 13).
A19.18 (T) – “[...] a revisão da literatura realizada indica que o treinamento em diferentes aspectos da MT teria um efeito favorável sobre os aspectos da MT treinados e não treinados em diferentes faixas etárias de crianças saudáveis” (p. 13).
A19.19 – “[...] desde dicho paradigma se plantea que la ejercitación mental en determinadas tareas generaría cambios en la funcionalidad y conectividad de determinadas redes neuronales” (p. 14).
A19.19 (T) – “[...] a partir desse paradigma é proposto que o treinamento mental em determinadas tarefas geraria mudanças na funcionalidade e conectividade de certas redes neurais” (p. 14).
A19.20 – “[...] esto conduciría a que la intensidad, duración, frecuencia y repetición del entrenamiento deban ser ajustadas a las características de las diferentes muestras” (p. 15).
A19.20 (T) – “[...] isso levaria ao fato de que a intensidade, duração, frequência e repetição do treinamento devem ser ajustadas às características das diferentes amostras” (p. 15).

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 40 – Ficha de leitura do artigo A20.

IDENTIFICAÇÃO			
Identificação do artigo		Referência completa	
A20		SUSPERREGUY, M. I.; PEAKE, C.; GÓMEZ, D. M. Investigación en cognición numérica en Chile: estado actual, vínculos con la educación y desafíos. Estudios de Psicología . Fundación Infancia y Aprendizaje (Espanha), v. 41, n. 2, p. 404-438, 2020.	
DADOS DA PUBLICAÇÃO			
Título		Investigación en cognición numérica en Chile: estado actual, vínculos con la educación y desafíos	
Autores		María Susperreguy; Christian Peake e David Gómez	
Periódico		Estudios de Psicología	
ISSN		Qualis (2017/2020)	Ano
0210-9395		A2	2020
Número		Volume	Intervalo de páginas
2		41	404-438
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO			
Questão de pesquisa		Objetivo da pesquisa	
Os autores não apresentam uma questão específica que desencadeia o estudo.		Apresentar uma revisão de pesquisas cuja finalidade principal foi explicar como crianças e adultos desenvolvem certas noções matemáticas, explora os processos e fatores envolvidos na aquisição e desenvolvimento dessas noções e analisa as diferenças individuais que podem ser vistas no desenvolvimento dessas ideias matemáticas.	
Palavras-chave do artigo			
Cognición numérica. Matemática. Educación. Aprendizaje matemático. Chile.			

PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO				
- Definição de Cognição Matemática; - A pesquisa realizada no Chile procura explicar como crianças e adultos desenvolvem certas noções matemáticas, explora os processos e fatores envolvidos na aquisição e desenvolvimento dessas noções e analisa as diferenças individuais que podem ser vistas no desenvolvimento dessas ideias matemáticas; - Importância e motivação para a pesquisa: compreender como as crianças e jovens aprendem matemática e servir como fonte de informação para a prática educativa; - A pesquisa em cognição numérica no Chile ainda está em estágios iniciais; - Modo de organização e responsabilidades do Ministério da Educação no Chile; - Organização do sistema escolar chileno; - Pouco progresso das crianças e adolescentes chilenos na proficiência em Matemática; - Parece que não há um aprofundamento teórico de questões relacionadas à cognição matemática no currículo chileno e a base curricular é um guia, mas não é prescritivo; - Aspectos sobre a formação de professores no Chile; - O foco de trabalho no Chile, considerando mecanismos cognitivos, está relacionado, principalmente, às funções executivas e memória de trabalho; - Estudos no Chile têm dado foco para fatores individuais como a motivação para a aprendizagem de Matemática; - Apresenta o papel das atividades matemáticas em casa, as atitudes em relação à Matemática e as crenças familiares em relação à Matemática no desenvolvimento da habilidade numérica das crianças; - Diferentes grupos de pesquisa no Chile estão abordando as dificuldades de aprendizagem em Matemática; - Existem grupos de trabalho no Chile que estudam os substratos neurofisiológicos do desempenho matemático; - O Chile apresenta deficiência na formação inicial de professores.				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Revisão Sistemática de Literatura	Não se aplica	Tabelas elaboradas pelos autores com os principais dados das publicações selecionadas.	23 artigos originados de uma busca inicial de 54 artigos, após aplicação dos critérios de inclusão e exclusão.
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	Os autores não explicitam o método de análise utilizado para tratamento dos dados.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A20.1 – “[...] furthermore, these differences in mathematical performance are amplified by students’ socioeconomic level and gender” (p. 405).				
A20.1 (T) – “[...] além disso, essas diferenças no desempenho matemático são ampliadas pelo nível socioeconômico e gênero dos estudantes” (p. 405).				
A20.2 – “[...] they evaluated their performance in a task that compared fractions and individual differences in inhibitory control, measured by a numerical Stroop task (Besner & Coltheart, 1979)” (p. 409)				
A20.2 (T) – “[...] eles avaliaram seu desempenho em uma tarefa que comparava frações e diferenças individuais no controle inibitório, medido por uma tarefa numérica de Stroop (Besner & Coltheart, 1979)” (p. 409).				
A20.3 – “[...] the findings showed that inhibitory control rates were significantly associated with results in fraction comparison, and that this relation was mediated by general mathematical knowledge” (p. 409).				

A20.3 (T) – “[...] os resultados mostraram que as taxas de controle inibitório foram significativamente associadas aos resultados na comparação de frações, e que essa relação foi mediada pelo conhecimento matemático geral” (p. 409).

A20.4 – “[...] individual differences in indexes of the attentional networks of alerting, orienting and executive control measured using the Attention Network Test (ANT)” (p. 409).

A20.4 (T) – “[...] diferenças individuais nos índices das redes de atenção de alerta, orientação e controle executivo medidos usando o Teste de Rede de Atenção (ANT)” (p. 409).

A20.5 – “[...] their results revealed differences not only between groups without and with difficulties but also throughout the schooling process, confirming the complexity of the relation between working memory and mathematical performance” (p. 410) .

A20.5 (T) – “[...] seus resultados revelaram diferenças não apenas entre grupos sem e com dificuldades, mas também ao longo do processo de escolarização, confirmando a complexidade da relação entre memória de trabalho e desempenho matemático” (p. 410).

A20.6 – “[...] their findings showed that all the evaluated executive functions predicted mathematical abilities, although the ability to inhibit predominant responses had a greater marginal effect on problem solving compared to the other executive functions” (p. 410).

A20.6 (T) – “[...] suas descobertas mostraram que todas as funções executivas avaliadas previam habilidades matemáticas, embora a capacidade de inibir as respostas predominantes tivesse um efeito marginal maior na resolução de problemas em comparação com as outras funções executivas” (p. 410).

A20.7 – “[...] found that both executive functions as a global construct, as well as working memory and behavioural inhibition of children in the last year of early childhood education, predicted their academic skills at the end of grade 1” (p. 410).

A20.7 (T) – “[...] descobriram que tanto as funções executivas como um construto global, quanto a memória de trabalho e a inibição comportamental de crianças no último ano da Educação Infantil previam suas habilidades acadêmicas no final da 1ª série” (p. 410).

A20.8 – “[...] Escobar *et al.* (2018) showed that the degree of children’s inhibition is central to mathematical performance, mediating the relation between socioeconomic status (SES) and mathematical performance in grade 1” (p. 410).

A20.8 (T) – “[...] Escobar e outros (2018) mostraram que o grau de inibição das crianças é fundamental para o desempenho matemático, mediando a relação entre o status socioeconômico (SES) e o desempenho matemático na 1ª série” (p. 410)

A20.9 – “[...] the results showed that the SES of the school affected all symbolic skills” (p. 410).

A20.9 (T) – “[...] os resultados mostraram que o SES da escola afetou todas as habilidades simbólicas” (p. 410).

A20.10 – “[...] the results showed that both comparison tasks were highly correlated and predicted arithmetic performance, suggesting that both symbolic and non-symbolic comparison tasks evaluated the approximate representation system, while simultaneously predicting performance in arithmetic calculation” (p. 410-411).

A20.10 (T) – “[...] os resultados mostraram que ambas as tarefas de comparação foram altamente correlacionadas e previram o desempenho aritmético, sugerindo que as tarefas de comparação simbólica e não simbólica avaliaram o sistema de representação aproximado, enquanto previam simultaneamente o desempenho no cálculo aritmético” (p. 410-411).

A20.11 – “[...] regarding calculations, Gálvez *et al.* (2011) described the mental calculation strategies employed by grade 2 and 3 students from middle and lower-middle SES schools. The results showed that students of this age tended to calculate using their fingers to count one at a time, instead of using specific material or mental strategies” (p. 411).

A20.11 (T) – “[...] com relação aos cálculos, Gálvez *et al.* (2011) descreveram as estratégias de cálculo mental empregadas pelos alunos da 2ª e 3ª séries de escolas de nível médio e médio-baixo. Os resultados mostraram que os alunos dessa idade tendiam a calcular usando os dedos para contar um de cada vez, em vez de usar materiais específicos ou estratégias mentais” (p. 411).

A20.12 – “[...] the results showed that the majority of the mistakes made were of a logical nature (argumentation errors, either due to difficulties of understanding or due to the adoption of fallacious or hasty arguments) and/or technical ones (errors in copying problem data and distraction)” (p. 411).

A20.12 (T) – “[...] os resultados mostraram que a maioria dos erros cometidos foram de natureza lógica (erros de argumentação, seja por dificuldade de entendimento ou pela adoção de argumentos falaciosos ou precipitados) e/ou técnicos (erros de cópia de dados problemáticos e distração)” (p. 411).

A20.13 – “[...] Utrecht Early Mathematical Competence Test” (p. 411).

A20.13 (T) – “[...] Competência matemática precoce de Utrecht” (p. 411).

A20.14 – “[...] other findings of the study also suggest a possible influence of the spatial perspective which children used to observe the development of the game: those who saw the small numbers on the left and the large ones on the right had an advantage in a task placing numbers on a number line, compared to those who saw the contrary” (p. 411).

A20.14 (T) – “[...] outros achados do estudo também sugerem uma possível influência da perspectiva espacial que as crianças utilizaram para observar o desenvolvimento do jogo: quem viu os números pequenos à esquerda e os grandes à direita teve vantagem em uma tarefa de colocação de números na uma linha numérica, em comparação com aqueles que viam o contrário” (p. 411).

A20.15 – “[...] the results showed an improvement in written and mental calculation in both experimental groups, suggesting that training in non-symbolic arithmetic can be effective in symbolic and non-symbolic measures” (p. 412).

A20.15 (T) – “[...] os resultados mostraram uma melhora no cálculo escrito e mental em ambos os grupos experimentais, sugerindo que o treinamento em aritmética não simbólica pode ser eficaz em medidas simbólicas e não simbólicas” (p. 412).

A20.16 – “[...] Moreover, the authors showed that the changes that resulted from training were correlated with functional changes in brain activity in the parietal lobe, an area that is involved in numerical processing” (p. 412).

A20.16 (T) – “[...] além disso, os autores mostraram que as mudanças que resultaram do treinamento foram correlacionadas com mudanças funcionais na atividade cerebral no lobo parietal, uma área que está envolvida no processamento numérico” (p. 412).

A20.17 – “[...] for this study, students were randomly assigned to a control group and an experimental group. Both groups watched a 15- minute video where algebraic equations were solved, either through traditional symbolic strategies (control group) or through visual analogies of scales (experimental group), where two plates were used to represent both sides of an equation, a box for the variables of the equation and sweets for the numbers. Students had to guess the amount of sweets in a box. The experimental group showed better results in the posttest, in solving equations, in a generalization test and in their affective response” (p. 412).

A20.17 (T) – “[...] para este estudo, os alunos foram aleatoriamente designados para um grupo de controle e um grupo experimental. Ambos os grupos assistiram a um vídeo de 15 minutos onde foram resolvidas equações algébricas, seja por meio de estratégias simbólicas tradicionais (grupo controle) ou por meio de analogias visuais de escalas (grupo experimental), onde duas placas foram usadas para representar os dois lados de uma equação, uma caixa para as variáveis da equação e doces para os números. Os alunos tiveram que adivinhar a quantidade de doces em uma caixa. O grupo experimental apresentou melhor resultado no pós-teste, na resolução de equações, num teste de generalização e na sua resposta afetiva” (p. 412).

A20.18 – “[...] this group of studies has shown that the mathematical skills of preschool children are associated with the frequency with which their primary caregivers (usually their mothers) engage with them in formal mathematical activities focused on numerical operations” (p. 412).

A20.18 (T) – “[...] esse grupo de estudos mostrou que as habilidades matemáticas de crianças em idade pré-escolar estão associadas à frequência com que seus cuidadores primários (geralmente suas mães) se envolvem com elas em atividades matemáticas formais focadas em operações numéricas” (p. 412).

A20.19 – “[...] found that both formal activities carried out by parents with children at home and their involvement in informal activities (games with numerical components) predicted the symbolic and non-symbolic numerical skills, respectively, of children at the end of their second-to-last year of early childhood education” (p. 413).

A20.19 (T) – “[...] constataram que tanto as atividades formais realizadas pelos pais com os filhos em casa quanto o envolvimento deles em atividades informais (jogos com componentes numéricos) prediziam as habilidades numéricas simbólicas e não simbólicas, respectivamente, das crianças no final de sua vida, penúltimo ano da Educação Infantil” (p. 413).

A20.20 – “[...] Cerda and colleagues (Cerda *et al.*, 2018, 2017) studied attitudinal and motivational variables associated with mathematical performance. Specifically, Cerda *et al.* (2018) found that students who attended different schools — namely public or private subsidized by the state — had different predispositions towards mathematics” (p. 413).

A20.20 (T) – “[...] Cerda e colegas (Cerda *et al.*, 2018, 2017) estudaram variáveis atitudinais e motivacionais associadas ao desempenho matemático. Especificamente, Cerda *et al.* (2018) descobriram que os alunos que frequentavam diferentes escolas — nomeadamente públicas ou privadas subsidiadas pelo Estado — tinham diferentes predisposições para a matemática” (p. 413).

A20.21 – “[...] the nomination of letters, unlike the nomination of digits, contributed to the differences between groups, while the executive component of working memory (evaluated through backward repetition of digits) contributed to differentiating the trajectories of both groups” (p. 413-414).

A20.21 (T) – “[...] a nomeação de letras, diferentemente da nomeação de dígitos, contribuiu para as diferenças entre os grupos, enquanto o componente executivo da memória de trabalho (avaliado por meio da repetição inversa de dígitos) contribuiu para diferenciar as trajetórias de ambos os grupos” (p. 413-414).

A20.22 – “[...] similarly, the topics investigated show how the development of certain mathematical notions and numerical performance are associated with motivational, contextual and sociodemographic factors” (p. 415).

A20.22 (T) – “[...] da mesma forma, os tópicos investigados mostram como o desenvolvimento de certas noções matemáticas e o desempenho numérico estão associados a fatores motivacionais, contextuais e sociodemográficos” (p. 415).

A20.23 – “[...] although Chilean research on numerical cognition has become more active over the last decade, the studies reviewed come mainly from research groups in the cognitive sciences, cognitive and educational psychology, and neurosciences. Although these groups are associated with education, the findings of their research have not necessarily reached education or the corresponding public policies” (p. 417).

A20.23 (T) – “[...] embora a pesquisa chilena sobre cognição numérica tenha se tornado mais ativa na última década, os estudos revisados vêm principalmente de grupos de pesquisa em ciências cognitivas, psicologia cognitiva e educacional e neurociências. Embora esses grupos estejam associados à educação, os resultados de suas pesquisas não atingiram necessariamente a educação ou as políticas públicas correspondentes” (p. 417).

A20.24 – “[...] because specific lines of research still take a while to inform educational practice and influence education in Chile” (p. 418).

A20.24 (T) – “[...] porque linhas específicas de pesquisa ainda demoram para informar a prática educacional e influenciar a educação no Chile” (p. 418).

A20.25 – “[...] thus, a challenge of numerical cognition research in Chile is to inform educational practices and contribute to the discussion in education in general” (p. 418).
A20.25 (T) – “[...] assim, um desafio da pesquisa em cognição numérica no Chile é informar as práticas educacionais e contribuir para a discussão na educação em geral” (p. 418).
A20.26 – “[...] on one level, the curricular bases, which guide learning objectives and the content that students in Chile must learn, can be strengthened by incorporating evidence of the aspects that favour students’ development and learning of mathematics” (p. 418).
A20.26 (T) – “[...] em um nível, as bases curriculares, que orientam os objetivos de aprendizagem e os conteúdos que os alunos no Chile devem aprender, podem ser fortalecidas incorporando evidências dos aspectos que favorecem o desenvolvimento e a aprendizagem da Matemática dos alunos” (p. 418).
A20.27 – “[...] on another, initial teacher training could take advantage of empirical findings and the implications derived from Chilean and international studies on numerical cognition” (p. 418).
A20.27 (T) – “[...] por outro lado, a formação inicial de professores poderia aproveitar as descobertas empíricas e as implicações derivadas de estudos chilenos e internacionais sobre cognição numérica” (p. 418).
Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática
O estudo não apresentou seção específica para as considerações finais.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 41 – Ficha de leitura do artigo A21.

IDENTIFICAÇÃO		
Identificação do artigo	Referência completa	
A21	PEZZATTI, L.; EDELSZTEIN, V.; HERMIDA, M. J. El aprendizaje de la matemática en la Argentina y su relación con las ciencias cognitivas: oportunidades y desafíos. Estudios de Psicología . Fundación Infancia y Aprendizaje (Espanha), v. 41, n. 2, p. 1-26, 2020.	
DADOS DA PUBLICAÇÃO		
Título	El aprendizaje de la matemática en la Argentina y su relación con las ciencias cognitivas: oportunidades y desafíos	
Autores	Laura Pezzatti, Valeria Edelsztein e Maria-Julia Ermida	
Periódico	Estudios de Psicología	
ISSN	Qualis (2017/2020)	Ano
0210-9395	A2	2020
Número	Volume	Intervalo de páginas
2	41	1-11
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO		
Questão de pesquisa		Objetivo da pesquisa
Os autores não apresentam uma questão específica que desencadeia o estudo.		Apresentar uma revisão do estado atual da interação entre a pesquisa em ciências cognitivas e a aprendizagem da Matemática na Argentina.
Palavras-chave do artigo		
Aprendizaje. Matemática. Investigación. Ciencias cognitivas.		
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO		
- Nem todos os avanços da Neurociência foram incorporados ao campo educacional na Argentina; - Estado atual da aprendizagem de Matemática na Argentina (69% dos estudantes argentinos ficaram abaixo do nível 2 nos resultados do PISA); - Há uma desconexão entre a pesquisa em Ciências Cognitivas e a Educação Matemática no país (a formação de professores na Argentina não inclui prática de pesquisa); - Alguns exemplos de conexão entre Neurociência e Educação Matemática na Argentina, implementados em diferentes aspectos (mídias e eventos);		

- Organização da escola básica na Argentina (estrutura da Educação Básica, utilização de testes nacionais padronizados, condições de trabalho dos professores);
- Considerações sobre a disciplina de Matemática na Argentina (carga horária, organização curricular, aspectos epistemológicos, áreas em que os alunos apresentam maior dificuldade – Geometria e Medidas / Resolução de Problemas, deficiência na formação Matemática dos professores);
- Chile e Uruguai são os países da América Latina com melhor pontuação nas três áreas avaliadas pelo PISA (Matemática, Linguagem e Ciências);
- Ligação entre pesquisa e Educação Matemática na Argentina (autores e linhas teóricas mais utilizados);
- Ainda não há uma tradição ampla de pesquisa em cognição numérica na Argentina;
- Necessidade da presença de profissionais de diferentes áreas para estudar a cognição matemática (Psicologia, Medicina, Matemática, Biologia);
- Alguns exemplos de pesquisa básica, na perspectiva das Ciências Cognitivas.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO

Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Revisão Sistemática de Literatura	Não se aplica	Não houve apresentação de instrumentos específicos.	Artigos escolhidos pelos autores, considerados potentes para a discussão, sem aplicação dos critérios de inclusão e exclusão.

ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS

Método de análise	Os autores não explicitam o método de análise utilizado para tratamento dos dados.

Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática

A21.1 – “[...] algebra and functions, although the latter has only recently been introduced into the last years of primary school” (p. 2).

A21.1 (T) – “[...] álgebra e funções, embora esta última só recentemente tenha sido introduzida nos últimos anos do ensino primário” (p. 2).

A21.2 – “[...] where 60% of students with a lower SES fall below the basic level” (p. 3).

A21.2 (T) – “[...] onde 60% dos alunos com NSE mais baixo ficam abaixo do nível básico” (p. 3).

A21.3 – “[...] likewise, there are differences in performance associated with the number of early education years received by the student. For example, of those students who received early education from the age of three, 63% reached basic and advanced levels compared to 47% of those who did not receive an early education” (p. 3).

A21.3 (T) – “[...] da mesma forma, existem diferenças de desempenho associadas ao número de anos de escolaridade inicial recebidos pelo aluno. Por exemplo, dos alunos que receberam Educação Infantil a partir dos três anos de idade, 63% atingiram os níveis básico e avançado, em comparação com 47% daqueles que não receberam educação precoce” (p. 3).

A21.4 – “[...] research into the teaching and learning of mathematics is one of the sources of knowledge that could contribute to such improvement” (p. 3).

A21.4 (T) – “[...] a pesquisa sobre o ensino e a aprendizagem da matemática é uma das fontes de conhecimento que poderia contribuir para tal melhoria” (p. 3).

A21.5 – “[...] ‘tie’ effect, which states that simple arithmetic problems with repeated operands (such as $4 + 4$, 6×6) are solved more quickly and accurately than others” (p. 5).

A21.5 (T) – “[...] efeito ‘empate’, que afirma que problemas aritméticos simples com operandos repetidos (como $4 + 4$, 6×6) são resolvidos com mais rapidez e precisão do que outros” (p. 5).

A21.6 – “[...] the ‘size’ effect, which states that small multiplication problems (2×3) are easier than larger ones (7×8)” (p. 5).

A21.6 (T) – “[...] o efeito ‘tamanho’, que afirma que pequenos problemas de multiplicação (2×3) são mais fáceis do que problemas maiores (7×8)” (p. 5).

A21.7 – “[...] and the ‘order’ effect for addition problems, influenced by the ‘count from the greatest number’ structure (i.e., $7 + 4$ is easier to solve than $4 + 7$)” (p. 5).

A21.7 (T) – “[...] e o efeito ‘ordem’ para problemas de adição, influenciado pela estrutura ‘contagem a partir do maior número’ (ou seja, $7 + 4$ é mais fácil de resolver do que $4 + 7$)” (p. 5).

A21.8 – “[...] and an interdisciplinary group that includes teachers, designers and programmers, is designing Mora, a mobile application aimed at primary school students (ages six to eight) that seeks to motivate the learning of basic operations through fun gamification techniques” (p. 5-6).

A21.8 (T) – “[...] e um grupo interdisciplinar que inclui professores, designers e programadores, está a conceber Mora, uma aplicação móvel destinada a alunos do ensino básico (6 a 8 anos) que procura motivar a aprendizagem de operações básicas através de técnicas divertidas de gamificação” (p. 5-6).

A21.9 – “[...] combines didactic pedagogical aims and research objectives” (p. 6).

A21.9 (T) – “[...] combina finalidades didático-pedagógicas e objetivos de pesquisa” (p. 6).

A21.10 – “[...] Mora has the potential to be a tool that can be used for the identification of markers associated with dyscalculia” (p. 6).

A21.10 (T) – “[...] Mora tem potencial para ser uma ferramenta que pode ser utilizada para identificação de marcadores associados à discalculia” (p. 6).

A21.11 – “[...] the group analysis showed an association between estimation of fractions and visual-spatial memory” (p. 6).

A21.11 (T) – “[...] a análise de grupo mostrou associação entre estimativa de frações e memória visual-espacial” (p. 6).

A21.12 – “[...] another type of research project that has had an impact on the learning of mathematics are interventions to foster executive functions (e.g., working memory, inhibitory control, planning, flexibility) that are precursors of certain mathematical skills” (p. 6).

A21.12 (T) – “[...] outro tipo de projeto de pesquisa que teve impacto na aprendizagem da matemática são as intervenções para promover funções executivas (por exemplo, memória de trabalho, controle inibitório, planeamento, flexibilidade) que são precursoras de certas habilidades matemáticas” (p. 6).

A21.13 – “[...] an example is the computerized intervention carried out in the Matemarote programme (Goldin *et al.*, 2013; Lopez-Rosenfeld, Goldin, Lipina, Sigman, & Slezak, 2013)” (p. 6).

A21.13 (T) – “[...] im exemplo é a intervenção informatizada realizada no programa Matemarote (Goldin *et al.*, 2013; Lopez-Rosenfeld, Goldin, Lipina, Sigman, & Slezak, 2013)” (p. 6).

A21.14 – “[...] this software presents activities in a game format and trains working memory, inhibitory control and planning. The software works with an adaptive algorithm and presents each child with activities whose level of difficulty adapts to the child’s performance” (p.6).

A21.14 (T) – “[...] este software apresenta atividades em formato de jogo e treina memória de trabalho, controle inibitório e planejamento. O software funciona com um algoritmo adaptativo e apresenta a cada criança atividades cujo nível de dificuldade se adapta ao desempenho da criança” (p. 6).

A21.15 – “[...] in 2014, Goldin *et al.* showed that three gaming sessions with Matemarote per week, lasting 15 minutes each, for 10 weeks had a positive effect on executive functions and that this effect was transferred to mathematics and language marks. This effect was observed only for mathematics and language” (p. 7).

A21.15 (T) – “[...] em 2014, Goldin *et al.* mostraram que três sessões de jogo com Matemarote por semana, com duração de 15 minutos cada, durante 10 semanas tiveram um efeito positivo nas funções executivas e que esse efeito foi transferido para notas de matemática e linguagem. Este efeito foi observado apenas para matemática e linguagem” (p. 7).

A21.16 – “[...] many of the results do not reach educational institutions and/or do not reach those who should make relevant decisions about the education system” (p. 7).

A21.16 (T) – “[...] muitos dos resultados não chegam às instituições de ensino e/ou não chegam àqueles que deveriam tomar decisões relevantes sobre o sistema educacional” (p. 7).

A21.17 – “[...] first, if we look at teacher training and then the training imparted to scientists who research teaching and learning, we will find that there are very few points that coincide” (p. 7).

A21.17 (T) – “[...] primeiro, se olharmos para a formação de professores e depois para a formação ministrada aos cientistas que pesquisam o ensino e a aprendizagem, descobriremos que são poucos os pontos que coincidem” (p. 7).

A21.18 – “[...] teaching roles do not offer the same opportunities to research that scientists have” (p. 8).

A21.18 (T) – “[...] as funções docentes não oferecem as mesmas oportunidades de pesquisa que os cientistas oferecem” (p. 8).

A21.19 – “[...] various studies have shown that the lack of communication between the scientific and educational fields is due to, among other things, the different languages used in these fields. There are ‘misunderstandings’ and misconceptions that hinder the interaction between them” (p. 8).

A21.19 (T) – “[...] vários estudos têm demonstrado que a falta de comunicação entre os campos científico e educacional se deve, entre outras coisas, às diferentes linguagens utilizadas nesses campos. Existem ‘mal-entendidos’ e equívocos que dificultam a interação entre eles” (p. 8).

A21.20 – “[...] they found that while scientists use the term memory to refer to neurobiological circuits that make long-term learning last, early education teachers understand the exact opposite: what they call ‘memorizing’ information was low-quality learning and, therefore, easily forgotten” (p. 8).

A21.20 (T) – “[...] eles descobriram que enquanto os cientistas usam o termo memória para se referir aos circuitos neurobiológicos que fazem durar a aprendizagem de longo prazo, os professores da Educação Infantil entendem exatamente o oposto: o que eles chamam de ‘memorização’ de informações era uma aprendizagem de baixa qualidade e, portanto, facilmente esquecido” (p. 8).

Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática

A21.21 – “[...] specifically, aspects such as economic inequality, gender and preschool education opportunities, which have been associated with performance inequalities in mathematics tests” (p. 9).

A21.21 (T) – “[...] especificamente, aspectos como desigualdade econômica, gênero e oportunidades de educação pré-escolar, que têm sido associados a desigualdades de desempenho em testes de matemática” (p. 9).

A21.22 – “[...] differences in training, in practice and in the language of the two fields are only some of the obstacles to this integration” (p. 9).

A21.22 (T) – “[...] as diferenças na formação, na prática e na linguagem das duas áreas são apenas alguns dos obstáculos a esta integração” (p. 9).

A21.23 – “[...] a possible meeting point between research into mathematics education and the cognitive sciences, aimed at reinforcing students’ learning of mathematics, could include an analysis of which representations and visualizations work with the understanding of mathematical concepts or help solve problem” (p. 10).

A21.23 (T) – “[...] um possível ponto de encontro entre a investigação em educação matemática e as ciências cognitivas, que visa reforçar a aprendizagem da matemática pelos alunos, poderia incluir uma análise de quais representações e visualizações funcionam com a compreensão de conceitos matemáticos ou ajudam a resolver problemas” (p. 10).

A21.24 – “[...] visualization is described as a method that can help one see what is not seen. [...] visualization is the ability, the process and the product of creating, using and reflecting through figures, images and diagrams in our mind, on paper or by using technological tools” (p. 10).

A21.24 (T) - “[...] A visualização é descrita como um método que pode ajudar a ver o que não é visto. [...] a visualização é a capacidade, o processo e o produto de criar, usar e refletir através de figuras, imagens e diagramas em nossa mente, no papel ou usando ferramentas tecnológicas” (p. 10).

A21.25 – “[...] building bridges between the world of research into the cognitive sciences and the world of researchers and educators could be one of the best ways to strengthen the teaching and learning of mathematics” (p. 11).

A21.25 (T) – “[...] construir pontes entre o mundo da investigação nas ciências cognitivas e o mundo dos investigadores e educadores poderia ser uma das melhores formas de fortalecer o ensino e a aprendizagem da matemática” (p. 11).

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 42 – Ficha de leitura do artigo A22.

Quadro 42 – Ficha de leitura do artigo A22.

IDENTIFICAÇÃO		
Identificação do artigo	Referência completa	
A22	CHAMIZO, M. A.; URBINA, G. N. R. Cerebro y comportamiento: una revisión. Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento . Córdoba (Argentina), v. 4, n. 2, p. 75-89, ago. 2012.	
DADOS DA PUBLICAÇÃO		
Título	Cerebro y comportamiento: una revisión	
Autores	Molero Chamizo e Guadalupe Rivera Urbina	
Periódico	Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento	
ISSN	Qualis (2017/2020)	Ano
1852-4206	A1	2012
Número	Volume	Intervalo de páginas
2	4	75-89
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO		
Questão de pesquisa		Objetivo da pesquisa
Os autores não apresentam uma questão específica que desencadeia o estudo.		Descrever algumas das disciplinas científicas cujos estudos ajudam a compreender os substratos biológicos do comportamento normal e alterado.
Palavras-chave do artigo		
Cerebro. Comportamiento. Neurotransmisores. Patología. Psicobiología.		
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO		
A combinação entre tecnologias e convergência entre diversas disciplinas têm permitido descobertas incríveis sobre o cérebro:		

• Apresentação da Psicobiologia como uma disciplina que estuda os substratos cerebrais do comportamento humano.				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Bibliográfica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	Os autores não explicitam o método de análise utilizado para tratamento dos dados.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A22.1 – “[...] las herramientas que permiten obtener información del funcionamiento del cerebro se denominan funcionales” (p. 77). A22.1 (T) – “[...] as ferramentas que permitem obter informações sobre o funcionamento do cérebro são chamadas de funcionais” (p. 77). A22.2 – “[...] además de éstas, algunas otras áreas han aparecido cuando se han combinado los objetivos o los métodos de varias de ellas. Por ejemplo, cabe mencionar la siconeuroinmunología, la psiconeuroendocrinología, la neurociencia cognitiva o incluso la psicofisiología” (p. 78). A22.2 (T) – “[...] além destas, algumas outras áreas surgiram quando os objetivos ou métodos de várias delas foram combinados. Por exemplo, vale citar a psiconeuroimunologia, a psiconeuroendocrinologia, a neurociência cognitiva ou mesmo a psicofisiologia” (p. 78). A22.3 – “[...] por último, otras funciones dependientes de los lóbulos frontales son las respuestas motoras (la corteza motora primaria se sitúa justo delante del surco central, en la región precentral), la atención y concentración, la modulación de las emociones, el razonamiento, la capacidad para la abstracción, y la memoria de trabajo o a corto plazo” (p. 80). A22.3 (T) - “[...] finalmente, outras funções dependentes dos lobos frontais são as respostas motoras (o córtex motor primário está localizado logo à frente do sulco central, na região pré-central), a atenção e a concentração, a modulação das emoções, o raciocínio, a capacidade de abstração e memória de trabalho ou de curto prazo” (p. 80). A22.4 – “[...] las alteraciones en la lectura (alexia), escritura (agrafia) y en la capacidad de cálculo numérico (acalculia), también suelen aparecer cuando se produce un daño en el lóbulo temporal izquierdo posterior y en zonas corticales perisilvianas próximas” (p. 80). A22.4 (T) – “[...] alterações na leitura (alexia), na escrita (agrafia) e na capacidade de cálculo numérico (acalculia) também costumam aparecer quando há lesão do lobo temporal posterior esquerdo e de áreas corticais perisilvianas próximas” (p. 80). A22.5 – “[...] un tipo de agnosia visual, la prosopagnosia, que consiste en la pérdida de la capacidad para reconocer con la vista los rostros familiares, también parece estar relacionado con la actividad cortical de los lóbulos temporales” (p. 80). A22.5 (T) – “[...] um tipo de agnosia visual, a prosopagnosia, que consiste na perda da capacidade de reconhecer rostos familiares à vista, também parece estar relacionada à atividade cortical dos lobos temporais” (p. 80). A22.6 – “[...] una sordera central principalmente contralateral, debido a que esta zona primaria procesa inicialmente todos los sonidos procedentes del oído contrario” (p. 80). A22.6 (T) – “[...] uma surdez central principalmente contralateral, porque esta área primária processa inicialmente todos os sons do ouvido oposto” (p. 80). A22.7 – “[...] daño parietal derecho es la apraxia visuoespacial, que consiste en una dificultad para construir, ensamblar o dibujar objetos con características espaciales” (p. 81).				

A22.7 (T) - “[...] o dano parietal direito é a apraxia visuoespacial, que consiste na dificuldade de construir, montar ou desenhar objetos com características espaciais” (p. 81).

A22.8 – “[...] los sustratos cerebrales descritos anteriormente controlan los procesos psicológicos mediante conexiones electroquímicas entre redes neuronales. La neuroquímica de estas conexiones o sinapsis es, en última instancia, la responsable de lo que hacemos, decimos, recordamos, sentimos y pensamos. Así pues, resulta necesario comprender los mecanismos bioquímicos responsables de las funciones de nuestro sistema nervioso y de nuestro comportamiento” (p. 81).

A22.8 (T) – “[...] os substratos cerebrais descritos anteriormente controlam processos psicológicos através de conexões eletroquímicas entre redes neurais. A neuroquímica dessas conexões, ou sinapses, é responsável, em última análise, pelo que fazemos, dizemos, lembramos, sentimos e pensamos. Assim, é necessário compreender os mecanismos bioquímicos responsáveis pelas funções do nosso sistema nervoso e do nosso comportamento” (p. 81).

A22.9 – “[...] se sabe, por ejemplo, que existe una relación entre las monoaminas y los estados afectivos, emocionales y motivacionales” (p. 82).

A22.9 (T) – “[...] sabe-se, por exemplo, que existe uma relação entre monoaminas e estados afetivos, emocionais e motivacionais” (p. 82).

A22.10 – “[...] la liberación de dopamina en esta vía, denominada vía nigroestriada, permite el control y la regulación de los movimientos voluntarios” (p. 82).

A22.10 (T) – “[...] a liberação de dopamina nesta via, denominada via nigroestriatal, permite o controle e regulação dos movimentos voluntários” (p. 82).

A22.11 – “[...] las otras dos vías dopaminérgicas importantes intervienen en respuestas cognitivas, emocionales y motivacionales. En la vía mesocortical, los axones dopaminérgicos liberan dopamina en varias regiones, principalmente la corteza límbica y la corteza pré-frontal” (p. 82).

A22.11 (T) – “[...] as outras duas vias dopaminérgicas importantes estão envolvidas nas respostas cognitivas, emocionais e motivacionais. Na via mesocortical, os axônios dopaminérgicos liberam dopamina em diversas regiões, principalmente no córtex límbico e no córtex pré-frontal” (p. 82).

A22.12 – “[...] esta vía, que tiene su origen en un grupo de células dopaminérgicas situadas en el mesencéfalo, se cree que interviene en procesos atencionales y emocionales” (p. 82).

A22.12 (T) – “[...] acredita-se que essa via, que se origina de um grupo de células dopaminérgicas localizadas no mesencéfalo, esteja envolvida em processos atencionais e emocionais” (p. 82).

A22.13 – “[...] otro grupo de células dopaminérgicas localizadas en el mesencéfalo, en un núcleo denominado área tegmental ventral (ATV), proyecta sus axones al núcleo accumbens, una zona del sistema límbico. Esta vía, conocida como vía mesolímbica, forma parte de un poderoso mecanismo motivacional que nos permite experimentar placer y reforzar todas aquellas conductas que tienen un efecto hedónico. Por ello, esta vía también es denominada vía del placer, del refuerzo o de la recompensa (Berridge, 2007). Lo que nos es placentero, nos gusta y es gratificante activa esta conexión mesolímbica. La liberación de dopamina en el núcleo accumbens refuerza la conducta placentera que ha inducido la activación de esta estructura. Este sistema motivacional media no sólo en muchas de nuestras respuestas adaptativas y necesarias para la supervivencia y la reproducción (como, por ejemplo, comer cuando se tiene hambre, beber cuando se tiene sed, la conducta sexual, etc.), sino que también es el responsable de la sensación gratificante y placentera particular que cada uno de nosotros experimentamos ante determinados estímulos y situaciones” (p. 83).

A22.13 (T) – “[...] outro grupo de células dopaminérgicas localizadas no mesencéfalo, em um núcleo denominado área tegmental ventral (ATV), projeta seus axônios para o núcleo accumbens, área do sistema límbico. Esta via, conhecida como via mesolímbica, faz parte de um poderoso mecanismo motivacional que nos permite sentir prazer e reforçar todos os comportamentos que têm efeito hedônico. Por esta razão, este caminho também é chamado de caminho do prazer, reforço ou recompensa (Berridge, 2007). O que é prazeroso, gostamos e é gratificante ativa essa conexão mesolímbica. A liberação de dopamina no núcleo accumbens reforça o comportamento prazeroso que induziu a ativação dessa estrutura. Este sistema motivacional medeia

não apenas muitas das nossas respostas adaptativas necessárias para a sobrevivência e a reprodução (como comer quando está com fome, beber quando está com sede, comportamento sexual, etc.), mas também é a pessoa responsável pela sensação gratificante e agradável particular que cada um de nós experimenta quando se depara com certos estímulos e situações” (p. 83).

A22.14 – “[...] el aprendizaje, la memoria, las respuestas atencionales, nuestra conducta de interacción y nuestras emociones” (p. 84).

A22.14 (T) – “[...] aprendizagem, memória, respostas atencionais, nosso comportamento de interação e nossas emoções” (p. 84).

A22.15 – “[...] la acetilcolina (ACh) es un éster formado por acetato y colina, y actúa como mensajero neuronal en los sistemas motores, atencionales y de memoria” (p. 84).

A22.15 (T) – “[...] a acetilcolina (ACh) é um éster formado por acetato e colina, e atua como mensageiro neuronal nos sistemas motor, atencional e de memória” (p. 84).

A22.16 – “[...] la acetilcolina es uno de los neurotransmisores determinantes en procesos cognitivos tales como la atención, la memoria y el aprendizaje” (p. 85).

A22.16 (T) – “[...] a acetilcolina é um dos neurotransmissores determinantes em processos cognitivos como atenção, memória e aprendizagem” (p. 85).

A22.17 – “[...] mecanismo de estimulación de las sinapsis colinérgicas induce una mejora en la atención y la memoria” (p. 85).

A22.17 (T) – “[...] mecanismo de estimulação das sinapses colinérgicas induz melhora na atenção e na memória” (p. 85).

A22.18 – “[...] unos pocos neurotransmisores median prácticamente en todas las funciones nerviosas, excitando o inhibiendo las células que contienen en su membrana receptores para estas moléculas mensajeras” (p. 86).

A22.18 (T) – “[...] alguns neurotransmissores medeiam praticamente todas as funções nervosas, excitando ou inibindo as células que contêm receptores para essas moléculas mensageiras em suas membranas” (p. 86).

A22.19 – “[...] además, varios trastornos de ansiedad suelen mostrar una óptima respuesta al tratamiento con agentes que potencian la actividad inhibitoria del GABA, como el diazepam (una benzodiacepina)” (p. 86).

A22.19 (T) – “[...] além disso, diversos transtornos de ansiedade costumam apresentar resposta ótima ao tratamento com agentes que potencializam a atividade inibitória do GABA, como o diazepam (um benzodiazepínico)” (p. 86).

A22.20 – “[...] todas estas funciones cerebrales y sus correlatos conductuales, cognitivos y emocionales, dependen, pues, de la correcta actividad de estos neurotransmisores en el sistema nervioso” (p. 86).

A22.20 (T) – “[...] todas essas funções cerebrais e seus correlatos comportamentais, cognitivos e emocionais dependem, portanto, da correta atividade desses neurotransmissores no sistema nervoso” (p. 86).

Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática

Não foram extraídas unidades de sentido dessa seção do artigo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 43 – Ficha de leitura do artigo A23.

IDENTIFICAÇÃO	
Identificação do artigo	Referência completa
A23	ARBOLEDA, D. B.; HUAMÁN, M. C. Revisión sistemática sobre educación de la afectividad en jóvenes. Hacer Revista de Investigación y Cultura . Chiclayo-Lambayeque (Perú), v. 11, n. 1, p. 61-71, jan./mar. 2022.

DADOS DA PUBLICAÇÃO				
Título		Revisión sistemática sobre educación de la afectividad en jóvenes		
Autores		Dina Benel Alboleda e Milagros Córdova Huamàn		
Periódico		Hacer Revista de Investigación y Cultura		
ISSN		Qualis (2017/2020)		Ano
2414-8695		B1		2022
Número		Volume		Intervalo de páginas
1		11		61-71
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO				
Questão de pesquisa			Objetivo da pesquisa	
Quais são as evidências científicas sobre a educação da afetividade?			Sistematizar evidências científicas sobre a importância de educar a afetividade no processo pedagógico do ser humano.	
Palavras-chave do artigo				
Educación. Afectividad. Revisión sistemática.				
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO				
• Necessidade de educar as emoções, tendo em vista as consequências que isso pode ocasionar; • Dificuldades de estudar/pesquisar as emoções tendo em vista as suas características; • A educação das emoções faz parte da educação integral dos sujeitos; • Importância das relações afetivas desde a infância; • Consequência da instabilidade nas emoções; • Definição de afetividade; • A afetividade depende do contexto em que algo ocorreu; • Necessidade de um ambiente favorável para desenvolver aspectos emocionais; • Importância da capacidade de desenvolver o controle das emoções; • Aspectos de anatomia relacionados à afetividade (sistema límbico e córtex pré-frontal); • Influência de aspectos sociais e culturais nas emoções; • Desafios dos educadores ao conviver com reações emocionais dos estudantes (relação entre prática pedagógica e afetividade).				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Revisão Sistemática de Literatura	Não se aplica	Tabelas elaboradas pelos autores (termos de busca, bases de dados utilizadas, informações dos artigos selecionados, nível educacional em que a pesquisa foi aplicada e países).	35 artigos originados de 5 bases de dados (Proquest, Redalyc, Dialnet, Scielo e Scopus).
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	As autoras não explicitam o método de análise utilizado para tratamento dos dados.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A23.1 – “[...] afirman y profundizan la necesidad que debe tomar la educación de la afectividad no sólo en los diferentes niveles educativos, sino también en cualquier etapa del desarrollo personal de todo hombre” (p. 69).				
A23.1 (T) – “[...] afirmam e aprofundam a necessidade que a educação da afetividade deve assumir não apenas nos diferentes níveis educacionais, mas também em qualquer etapa do desenvolvimento pessoal de cada homem” (p. 69).				

A23.2 – “[...] evidencian también, el gran influjo de las emociones y sentimientos en los estudiantes de educación básica regular y superior para el desarrollo de enseñanza aprendizaje, llegando a proponer distintas herramientas que favorecen al desempeño del ámbito académico, personal y social” (p. 69).

A23.2 (T) – “[...] também mostram a grande influência das emoções e sentimentos nos alunos do ensino regular básico e superior para o desenvolvimento do ensino-aprendizagem, chegando a propor diferentes ferramentas que favoreçam o desempenho da esfera acadêmica, pessoal e social” (p. 69).

A23.3 – “[...] de igual manera, tenemos a Bonhomme (2021, p.85) refiriendo que es prioritario trabajar las emociones en la escuela” (p. 70).

A23.3 (T) – “[...] da mesma forma, temos Bonhomme (2021, p.85) referindo que é prioritário trabalhar as emoções na escola” (p. 70).

Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática

A23.4 – “[...] el cual detalla la necesidad que tiene la educación para trabajar la dimensión afectiva, puesto que los estudiantes al presentar dificultades emocionales, va a perjudicar el desempeño académico” (p. 70).

A23.4 (T) – “[...] o que detalha a necessidade de a educação trabalhar a dimensão afetiva, uma vez que os alunos que apresentarem dificuldades emocionais prejudicarão o desempenho acadêmico” (p. 70).

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 44 – Ficha de leitura do artigo A24.

Quadro 47 – Ficha de leitura do artigo A24.

IDENTIFICAÇÃO			
Identificação do artigo		Referência completa	
A24		ANZELIN, I.; MARÍN-GUTIÉRREZ, A.; CHOCONTÁ, J. Relación entre la emoción y los precesos de enseñanza aprendizaje. <i>Sophia</i> . Bogotá (Colômbia), v. 16, n. 1, p. 48-64, jan./jun. 2020.	
DADOS DA PUBLICAÇÃO			
Título		Relación entre la emoción y los precesos de enseñanza aprendizaje	
Autores		Ingrid Anzelin, Alejandro Marín-Gutiérrez e Johanna Chocontá	
Periódico		Sophia – Educación	
ISSN		Qualis (2017/2020)	Ano
1794-8932		NA	2020
Número		Volume	Intervalo de páginas
1		16	48-64
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO			
Questão de pesquisa		Objetivo da pesquisa	
Os autores não apresentam uma questão de pesquisa no decorrer do estudo. Entretanto, entende-se que poderia ser: Quais aspectos relacionados às emoções podem influenciar no processo de ensino-aprendizagem?		Apresentar o estado do conhecimento sobre a incidência de emoções nos processos de ensino-aprendizagem.	
Palavras-chave do artigo			
Experiencia emocional. Respuesta emocional. Procesos de aprendizaje. Procesos de enseñanza. Educación.			
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO			
- Definição de emoção e seus componentes; - Predomínio do aspecto cognitivo em detrimento do emocional no processo de ensino-aprendizagem; - Algumas consequências de emoções positivas e negativas para a aprendizagem; - Influência das emoções na motivação para a aprendizagem.			
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO			

Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Revisão Sistemática	Não se aplica	Tabelas com categorias de análise elaboradas pelos autores.	72 artigos científicos de alto impacto no ISI e Scopus, que passaram pelos critérios de inclusão e exclusão estabelecidos.
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	As autoras não explicitam o método de análise utilizado para tratamento dos dados.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A24.1 – “[...] así pues, si un estudiante se siente seguro en el dominio de un material y lo percibe interesante, tenderá a tener emociones positivas como el disfrute; de no ser así, es posible que emerjan emociones como la ira y la frustración” (p. 50). A24.1 (T) – “[...] assim, se um aluno se sente confiante em dominar um material e o acha interessante, tenderá a ter emoções positivas como prazer; caso contrário, emoções como raiva e frustração podem vir à tona” (p. 50). A24.2 – “[...] resalta el poder que tienen las prácticas socioculturales de los contextos educativos en los procesos de aprendizaje” (p. 50). A24.2 (T) – “[...] destaca o poder que as práticas socioculturais dos contextos educativos têm nos processos de aprendizagem” (p. 50). A24.3 – “[...] es necesario incluir la emoción para generar procesos de aprendizaje efectivos. De modo que si un profesor es consiente y reflexivo sobre a las emociones que genera su materia, en un contenido o en su propia forma de enseñar generará procesos efectivos de aprendizaje en sus estudiantes, evitando obstáculos y limitaciones en dicho proceso” (p. 50). A24.3 (T) – “[...] é preciso incluir a emoção para gerar processos de aprendizagem eficazes. Portanto, se um professor estiver consciente e reflexivo sobre as emoções geradas pela sua disciplina, num conteúdo ou na sua própria forma de ensinar, gerará processos de aprendizagem eficazes nos seus alunos, evitando obstáculos e limitações nesse processo “(p. 50). A24.4 – “[...] as emociones positivas son experimentadas como placenteras y pueden variar en su manifestación cognitiva y fisiológica e influyen en la atención, la motivación, el uso de estrategias de aprendizaje y la autorregulación del aprendizaje” (p. 52). A24.4 (T) – “[...] as emoções positivas são vivenciadas como agradáveis e podem variar em sua manifestação cognitiva e fisiológica e influenciar a atenção, a motivação, o uso de estratégias de aprendizagem e a autorregulação da aprendizagem” (p. 52). A24.5 – “[...] las emociones son variables intermedias entre los métodos de enseñanza, los prerrequisitos de motivación, desempeño y resultados, pero como mencionan Yavuz, Gülmez, Özkara, aun las emociones son una dimensión invisible en los procesos de aprendizaje” (p. 52). A24.5 (T) – “[...] as emoções são variáveis intermediárias entre os métodos de ensino, os pré-requisitos de motivação, desempenho e resultados, mas como mencionam Yavuz, Gülmez, Özkara, mesmo as emoções são uma dimensão invisível nos processos de aprendizagem” (p. 52). A24.6 – “[...] si bien se identifica que hay procesos de aprendizaje más exitosos por las emociones positivas (Lin, Su, Chao, Hsieh y Tsai, 2016), algunas de ellas, principalmente las que están relacionadas con inactivación, como el placer o la relajación, pueden generar el efecto contrario” (p. 53).				

A24.6 (T) – “[...] embora se identifique que existem processos de aprendizagem mais bem-sucedidos para emoções positivas (Lin, Su, Chao, Hsieh & Tsai, 2016), alguns deles, principalmente aqueles que estão relacionados à inativação, como prazer ou relaxamento, pode gerar o efeito oposto” (p. 53).

A24.7 – “[...] encontró que el logro no solo depende de factores cognitivos, sino de la capacidad del estudiante de regular las emociones, el valor que le asigna a la tarea y sus creencias sobre el aprendizaje” (p. 53).

A24.7 (T) – “[...] descobriram que o desempenho depende não apenas de fatores cognitivos, mas também da capacidade do aluno de regular as emoções, do valor que atribui à tarefa e de suas crenças sobre a aprendizagem” (p. 53).

A24.8 – “[...] en el aprendizaje de las matemáticas, los estudiantes que descubrían más soluciones a los problemas disfrutaban más las lecciones y ese disfrute podía mediar los efectos del interés previo en el aprendizaje” (p. 53)

A24.8 (T) – “[...] na aprendizagem da matemática, os alunos que descobriram mais soluções para os problemas gostaram mais das aulas, e esse prazer poderia mediar os efeitos do interesse prévio em aprender” (p. 53).

A24.9 – “[...] para la resolución de problemas matemáticos, los estudiantes lograron disfrutar más las lecciones y proponen más soluciones cuando contaban con suficiente información, aumentando interés y rendimiento” (p. 53).

A24.9 (T) – “[...] para a resolução de problemas matemáticos, os alunos conseguiram aproveitar mais as aulas e propor mais soluções quando tinham informações suficientes, aumentando o interesse e o desempenho” (p. 53).

A24.10 – “[...] que las emociones positivas no inciden en la retención de la información, más sí en la comprensión y transferencia” (p. 53).

A24.10 (T) – “[...] que as emoções positivas não afetam a retenção da informação, mas sim a compreensão e a transferência” (p. 53).

A24.11 – “[...] identifican las emociones positivas como elementos de impacto significativo en el compromiso para finalizar un programa de estudio y mantener con persistencia el logro de una meta” (p. 54).

A24.11 (T) – “[...] identificar as emoções positivas como elementos com impacto significativo no compromisso de concluir um programa de estudos e manter persistentemente o alcance de uma meta” (p. 54).

A24.12 – “[...] que lejos de evitar dichas emociones, un docente debe entenderlas como parte del proceso para promover estrategias de afrontamiento y procesos de regulación emocional” (p. 54).

A24.12 (T) – “[...] que longe de evitar essas emoções, o professor deve compreendê-las como parte do processo de promoção de estratégias de enfrentamento e processos de regulação emocional” (p. 54).

A24.13 – “[...] e la calibración emocional, elemento indispensable para orientar el comportamiento y regular la emoción a partir de los otros, puede afectar negativamente el aprendizaje del entorno social y su participación en las prácticas culturales y subculturales de las sociedades, en este caso las escolares” (p. 54).

A24.13 (T) – “[...] a calibração emocional, elemento essencial para orientar o comportamento e regular a emoção dos outros, pode afetar negativamente a aprendizagem sobre o ambiente social e a sua participação nas práticas culturais e subculturais das sociedades, neste caso dos escolares” (p. 54).

A24.14 – “[...] resalta que la regulación emocional debe irse ajustando con los años, a medida que aumenta la complejidad de las emociones, elementos como el rango, la dialéctica y los grados de manifestación y combinación, tanto en estudiantes como en docentes” (p. 54)

A24.14 (T) – “[...] destaca que a regulação emocional deve ser ajustada ao longo dos anos, à medida que aumenta a complexidade das emoções, elementos como alcance, dialética, e os graus de manifestação e combinação, tanto em alunos quanto em professores” (p. 54).

A24.15 – “[...] cuando un profesor puede reconocer el nivel de conciencia y complejidad del estudiante, sabe hasta dónde retar y promover el desarrollo” (p. 54).

A24.15 (T) – “[...] quando um professor consegue reconhecer o nível de consciência e complexidade do aluno, ele sabe até onde desafiar e promover o desenvolvimento” (p. 54).

A24.16 – “[...] otro elemento a resaltar es que los profesores deben reconocer que la emoción cambia durante el proceso de formación, de manera que a medida que un estudiante siente más o menos control del proceso, adquiere más experiencia o aumenta el grado de dificultad, es necesario realizar ajustes en su práctica de enseñanza” (p. 54).

A24.16 (T) – “[...] outro elemento a destacar é que os professores devem reconhecer que a emoção muda durante o processo de formação, de modo que, à medida que o aluno sente mais ou menos controle do processo, ele adquire mais experiência ou aumenta o grau de dificuldade, você precisa fazer ajustes em sua prática docente” (p. 54).

A24.17 – “[...] el desarrollo social y emocional limitado afecta la capacidad del niño para colaborar y aprender eficazmente con sus compañeros” (p. 55).

A24.17 (T) – “[...] o desenvolvimento social e emocional limitado afeta a capacidade da criança de colaborar e aprender de forma eficaz com os pares” (p. 55).

A24.18 – “[...] la instrucción bien estructurada y clara y el uso de tareas desafiantes promueven la comprensión de los estudiantes, quienes experimentan un aumento de la confianza en sí mismos y el disfrute, y una reducción del aburrimiento y la ansiedad” (p. 56).

A24.18 (T) – “[...] a instrução bem estruturada e clara e o uso de tarefas desafiadoras promovem a compreensão do aluno, que experimenta aumento da autoconfiança e prazer, e redução do tédio e da ansiedade” (p. 56).

A24.19 – “[...] que los profesores deben desafiar a los estudiantes sin desconocer la complejidad de las diferencias individuales, ya que algunos desafíos pueden aumentar el estrés, promover emociones negativas y afectar su relación con los estudiantes” (p. 56).

A24.19 (T) – “[...] que os professores devem desafiar os alunos sem ignorar a complexidade das diferenças individuais, uma vez que alguns desafios podem aumentar o estresse, promover emoções negativas e afetar a sua relação com os alunos” (p. 56).

A24.20 – “[...] indican que frente a la identificación de la emoción mientras los profesores tienden a creer que la participación en el aprendizaje es predominantemente cognitiva, para los estudiantes es afectiva” (p. 56)

A24.20 (T) – “[...] indicam que comparada à identificação da emoção enquanto os professores tendem a acreditar que a participação na aprendizagem é predominantemente cognitiva, para os alunos ela é afetiva” (p. 56).

A24.21 – “[...] con respecto al reconocimiento y la regulación de emociones del propio docente, Arguedas, Daradoumis y Xhafa indican que un profesor con niveles de conciencia emocional desarrollados, puede generar una actitud más positiva, retroalimentación efectiva, apoyo en la gestión emocional de estudiantes” (p. 56).

A24.21 (T) – “[...] relativamente ao reconhecimento e regulação das emoções pelo próprio professor, Arguedas, Daradoumis e Xhafa indicam que um professor com níveis desenvolvidos de consciência emocional pode gerar uma atitude mais positiva, *feedback* eficaz, apoio na gestão emocional dos alunos” (p. 56).

A24.22 – “[...] los adultos se sienten más temerosos ya que perciben sus habilidades limitadas y no responden tan rápido ni efectivamente como antes. Un profesor debe estar atento a incorporar este tipo de comprensión en su CDC” (p. 57)

A24.22 (T) – “[...] os adultos sentem mais medo à medida que percebem suas capacidades limitadas e não respondem tão rápida e eficazmente como antes. O professor deve estar atento para incorporar esse tipo de compreensão em seu CDC” (p. 57)

A24.23 – “[...] profesores que tienen el hábito de reflexionar sobre sus experiencias de enseñanza tienen una actitud más positiva hacia su trabajo, son capaces de tomar decisiones más innovadoras y están más motivados para ponerlas en marcha” (p. 57).

A24.23 (T) – “[...] os professores que têm o hábito de refletir sobre as suas experiências docentes têm uma atitude mais positiva face ao seu trabalho, são capazes de tomar decisões mais inovadoras e estão mais motivados para as implementar” (p. 57).

A24.24 – “[...] exponer a un grupo de estudiantes a estrategias de enseñanza pertinentes y novedosas puede disminuir las emociones negativas y aumentar el interés por la clase” (p. 57).

A24.24 (T) – “[...] expor um grupo de alunos a estratégias de ensino relevantes e inovadoras pode diminuir as emoções negativas e aumentar o interesse pelas aulas” (p. 57).

A24.25 – “[...] menciona que la organización de pruebas y evaluaciones, y la retroalimentación brindada por el profesor tienen una incidencia directa sobre las emociones de los estudiantes. Se resaltan algunos estudios como el de Urhahne, quien encontró que cuando los estudiantes consideran que el profesor los subestima tienden a tener baja motivación y emociones negativas, y vice-versa” (p. 57)

A24.25 (T) – “[...] menciona que a organização das provas e avaliações, e o *feedback* fornecido pelo professor têm incidência direta nas emoções dos alunos. Destacam-se alguns estudos, como o de Urhahne, que constatou que quando os alunos consideram que o professor os subestima, tendem a ter baixa motivação e emoções negativas, e vice-versa” (p. 57).

A24.26 – “[...] la retroalimentación del maestro puede dirigir y facilitar el aprendizaje si su contenido se centra en tareas, procesos y acciones. Según los autores la retroalimentación es más eficaz cuando es dialógica, personalizada, equilibrada en positividad y negatividad, dando claridades sobre los aspectos que deben modificarse, detallada y específica y desprovista de lenguaje inflado” (p. 57).

A24.26 (T) – “[...] o *feedback* do professor pode direcionar e facilitar a aprendizagem se o seu conteúdo estiver focado em tarefas, processos e ações. Segundo os autores, o *feedback* é mais eficaz quando é dialógico, personalizado, equilibrado em positividade e negatividade, esclarecendo os aspectos que devem ser modificados, detalhado e específico, e desprovido de linguagem inflada” (p. 57).

A24.27 – “[...] Los comentarios tienen una mayor probabilidad de ser atendidos si provienen de un profesor que genere credibilidad, empático y receptivo a las necesidades afectivas de los estudiantes” (p. 57)

A24.27 (T) – “[...] os comentários têm maior probabilidade de serem atendidos se vierem de um professor que gere credibilidade, empatia e receptivo às necessidades afetivas dos alunos” (p. 57).

A24.28 – “[...] un feedback afectivo adecuado puede animar a los estudiantes a retomar o reencausar tareas que les generan estados emocionales negativos” (p. 58).

A24.28 (T) - “[...] um *feedback* afetivo adequado pode incentivar os alunos a retomar ou redirecionar tarefas que geram estados emocionais negativos” (p. 58).

A24.29 – “[...] un aspecto sobre el que quisiéramos detenernos, y que a criterio nuestro resulta novedoso dentro de la categoría de emoción y práctica de enseñanza, es el que se centra en la emoción del profesor” (p. 58).

A24.29 (T) – “[...] um aspecto sobre o qual gostaríamos de nos debruçar, e que a nosso ver é novo dentro da categoria da emoção e da prática docente, é aquele que foca a emoção do professor” (p. 58).

A24.30 – “[...] quienes encuentran que existe peligro por emociones negativas permanentes, agotamiento y abandono por parte de profesores que trabajan en situaciones desafiantes en el aula sin suficiente apoyo” (p. 58).

A24.30 (T) – “[...] que acham que há perigo devido às emoções negativas permanentes, à exaustão e ao abandono por parte dos professores que trabalham em situações desafiadoras na sala de aula sem apoio suficiente” (p. 58).

A24.31 – “[...] uienes han señalado que los sentimientos de confianza mutua y las cálidas relaciones personales entre los profesores en la escuela son esenciales para el desarrollo de sus prácticas de enseñanza” (p. 58).

A24.31 (T) - “[...] que apontaram que os sentimentos de confiança mútua e as relações pessoais calorosas entre os professores na escola são essenciais para o desenvolvimento das suas práticas docentes” (p. 58).

Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática

A24.32 – “[...] con respecto a este último punto, es importante realizar estudios que nos muestren el papel del estado emocional del docente, su forma de manejarlo en el aula y el impacto que este tiene sobre los alumnos y su aprendizaje” (p. 59).

A24.32 (T) – “[...] em relação a este último ponto, é importante a realização de estudos que nos mostrem o papel do estado emocional do professor, a sua forma de lidar com ele em sala de aula e o impacto que tem nos alunos e na sua aprendizagem” (p. 59).

A24.33 – “[...] como ya sabemos, las emociones se consideran multicomponente, y comprenden elementos como la evaluación, el cambio fisiológico, la experiencia subjetiva, las expresiones emocionales y las tendencias de acción. Tal complejidad no se suele tener en cuenta en la literatura sobre las emociones y a menudo se obvian las posturas provenientes de la neurociencia, la psicología básica y la neuropsicología” (p. 59).

A24.33 (T) – “[...] como já sabemos, as emoções são consideradas multicomponentes, compreendendo elementos como avaliação, mudança fisiológica, experiência subjetiva, expressões emocionais e tendências de ação. Tal complexidade geralmente não é levada em consideração na literatura sobre emoções e posições da neurociência, da psicologia básica e da neuropsicologia são frequentemente ignoradas” (p. 59).

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 45 – Ficha de leitura do artigo A25.

Quadro 45 - Ficha de leitura do artigo A25.

IDENTIFICAÇÃO			
Identificação do artigo		Referência completa	
A25		ZAFRA, C. A.; RODRÍGUEZ, F. J. D.; RUIZ, A. P. Incidencia de la inteligencia emocional en los rendimientos escolares: una revisión teórica. Dilemas Contemporáneos: educación, política y valores . Toluca (México), v. 7, n. 1, p. 1-25, set./dez. 2019.	
DADOS DA PUBLICAÇÃO			
Título		Incidencia de la inteligencia emocional en los rendimientos escolares: una revisión teórica	
Autores		Cristina Aznar Zafra, Francisco Javier Domínguez Rodríguez e Ascensión Palomares Ruiz	
Periódico		Dilemas Contemporáneos: educación, política y valores	
ISSN		Qualis (2017/2020)	Ano
2007-7890		NA	2019
Número		Volume	Intervalo de páginas
1		7	1-25
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO			
Questão de pesquisa		Objetivo da pesquisa	
Os autores não apresentam uma questão de pesquisa no decorrer do estudo.		Determinar se há influência da inteligência emocional no desempenho escolar, bem como as bases que servem para melhorar esse desempenho.	
Palavras-chave do artigo			
Inteligencia emocional. Rendimientos escolares. Emociones. Sentimientos.			
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO			
A educação é um processo complexo que engloba valores, sentimentos e emoções;			

- Estudos atuais em educação têm dado ênfase e procuram analisar a influência das emoções no rendimento acadêmico. Entretanto, ainda há poucos estudos sobre o tema;
- Modelos de Inteligência Emocional (baseado na personalidade e outro, no manejo das emoções);
- Definições e aprimoramentos das definições de IE;
- Algumas características de indivíduos que possuem IE bem desenvolvida;
- Algumas finalidades de desenvolver a IE, especialmente na escola;
- Algumas vantagens de se abordar IE nas escolas;
- Alguns instrumentos utilizados para medir o engajamento acadêmico e outras variáveis;
- Diferenças existentes entre as diferentes definições apresentadas;
- Críticas à pouca atenção que os sistemas educativos e instituições tem dado para o tema das emoções;
- Embora as emoções sejam consideradas imprescindíveis para a educação, sempre aparecem de maneira transversal nos currículos e nos planejamentos;
- Pontos da legislação espanhola com relação à abordagem das emoções nas escolas.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO

Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Bibliográfica	Não se aplica	Não se aplica	14 estudos escolhidos de maneira intencional.

ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS

Método de análise	Os autores não explicitam o método de análise utilizado para tratamento dos dados.

Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática

A25.1 – “[...] la importancia de su introducción en los modelos educativos está fuera de toda duda, viéndose potenciada en los últimos años al ser considerada como un complemento indispensable en el tratamiento de las dimensiones psicosociológicas en las aulas” (p. 3).

A25.1 (T) – “[...] a importância da sua introdução nos modelos educativos é inquestionável, vendo-se reforçada nos últimos anos por ser considerada um complemento essencial no tratamento das dimensões psicossociológicas em sala de aula” (p. 3).

A25.2 – “[...] de manera que su estudio y su posterior análisis nos permite describir y evaluar la calidad y eficacia del sistema educativo, contribuyendo a planificar mejor o con más amplitud el fenómeno educacional” (p. 3).

A25.2 (T) – “[...] para que o seu estudo e posterior análise permitam descrever e avaliar a qualidade e eficácia do sistema educativo, contribuindo para um melhor ou mais abrangente planeamento do fenómeno educativo” (p. 3).

A25.3 – “[...] dicha habilidad se basa en la capacidad del individuo de ser consciente, comprender, controlar y expresar sus emociones de manera efectiva” (p. 4).

A25.3 (T) – “[...] essa habilidade baseia-se na capacidade do indivíduo de ter consciência, compreender, controlar e expressar suas emoções de forma eficaz” (p. 4).

A25.4 – “[...] ya que nos permite elegir otras opciones para alcanzar resultados distintos a los que hayamos obtenido hasta un momento determinado. Asimismo, la IE es la catalizadora de nuestros éxitos” (p. 5).

A25.4 (T) – “[...] pois nos permite escolher outras opções para alcançar resultados diferentes daqueles que obtivemos até determinado momento. Da mesma forma, a IE é o catalisador dos nossos sucessos” (p. 5).

A25.5 – “[...] todas ellas consideran a las competencias emocionales como un factor determinante para explicar el funcionamiento del sujeto en todas las áreas vitales” (p. 5).

A25.5 (T) – “[...] todos consideram as competências emocionais como fator determinante para explicar o funcionamento do sujeito em todas as áreas vitais” (p. 5).

A25.6 – “[...] la Gestión de las emociones es un proceso educativo continuo y permanente que no termina con la finalización de los estudios, sino que continúa durante toda la vida de la persona” (p. 6-7).

A25.6 (T) - “[...] gerenciar emoções é um processo educativo contínuo e permanente que não termina com a conclusão dos estudos, mas continua ao longo da vida da pessoa” (p. 6-7).

A25.7 – “[...] en realidad, no se ha encontrado todavía la forma de desarrollar correcta y formalmente la IE, quedando relegada a actividades esporádicas y transversales según el criterio de cada profesor en cuestión” (p. 7).

A25.7 (T) – “[...] na realidade, a forma de desenvolver correta e formalmente a IE ainda não foi encontrada, sendo relegada a atividades esporádicas e transversais de acordo com os critérios de cada professor em questão” (p. 7).

A25.8 – “[...] la estrategia transversal es, muy probablemente, el método más idóneo para potenciar el autocontrol y el manejo de las emociones propias y de los demás, ya que permite introducir la cuestión de forma progresiva, sin que implique cambios importantes en la estructura ni en la filosofía curricular” (p. 7).

A25.8 (T) – “[...] a estratégia transversal é, muito provavelmente, o método mais adequado para promover o autocontrole e a gestão das emoções próprias e dos outros, pois permite que a questão seja introduzida progressivamente, sem implicar mudanças importantes na estrutura nem na filosofia curricular” (p. 7).

A25.9 – “[...] pues reveló que la IE intrapersonal influye sobre la salud mental de los estudiantes y este equilibrio psicológico, a su vez, está relacionado y afecta al rendimiento académico final” (p. 9).

A25.9 (T) – “[...] porque revelou que a IE intrapessoal influencia a saúde mental dos estudantes e esse equilíbrio psicológico, por sua vez, está relacionado e afeta o desempenho acadêmico final” (p. 9).

A25.10 – “[...] esto plantea la posibilidad de que la relación entre IE y rendimiento escolar no sea simplemente directa y lineal, sino que puedan estar interviniendo otras variables o características presentes en el alumnado” (p. 9).

A25.10 (T) – “[...] isso levanta a possibilidade de que a relação entre IE e desempenho escolar não seja simplesmente direta e linear, mas que outras variáveis ou características presentes no corpo discente possam estar envolvidas” (p. 9).

A25.11 – “[...] encuentran correlaciones estadísticamente significativas entre IE y rendimiento académico que se mantienen con independencia de la influencia que sobre las calificaciones tiene la personalidad y la inteligencia general o el efecto combinado de ambos” (p. 9-10).

A25.11 (T) – “[...] encontrar correlações estatisticamente significativas entre IE e desempenho acadêmico que são mantidas independentemente da influência da personalidade e da inteligência geral nas notas ou do efeito combinado de ambos” (p. 9-10).

A25.12 – “[...] escala de auto reporte basada en la teoría de IE Bar-On” (p. 10).

A25.12 (T) – “[...] escala de autorrelato baseada na teoria IE Bar-On” (p. 10).

A25.13 – “[...] pero tan sólo el factor de atención se relacionó con él” (p. 10).

A25.13 (T) – “[...] mas apenas o fator atenção estava relacionado a isso” (p. 10).

A25.14 – “[...] el rendimiento se ve influido por la IE denotando además diferencias entre el alumnado con baja IE y con excelente IE, no observándose diferencias entre los de IE adecuada o media con los otros dos” (p. 10).

A25.14 (T) – “[...] o desempenho é influenciado pela IE, denotando também diferenças entre alunos com IE baixa e com IE excelente, não se observando diferenças entre aqueles com IE adequada ou média e os outros dois” (p. 10).

A25.15 – “[...] Emotional Intelligence Scale, desarrollada por Welson en el 2001” (p. 11).

A25.15 (T) - “[...] Escala de Inteligência Emocional, desenvolvida por Welson em 2001” (p. 11).

A25.16 – “[...] encontraron correlaciones positivas entre el cociente total emocional, la escala de manejo de estrés y de adaptabilidad del Bar On EQ-i: YV y el proceso educativo” (p. 11).

A25.16 (T) – “[...] encontraram correlações positivas entre o quociente emocional total, a escala de gerenciamento de estresse e adaptabilidade do Bar On EQ-i: YV e o processo educacional” (p. 11).

A25.17 – “[...] mostrando que la habilidad académica no es la única responsable del aprendizaje, ya que la IE tiene un importante efecto sobre la formación del alumnado” (p. 11).

A25.17 (T) – “[...] mostrando que a capacidade acadêmica não é a única responsável pela aprendizagem, uma vez que a IE tem um efeito importante na formação do aluno” (p. 11).

A25.18 – “[...] del análisis de los resultados se desprende que en IE aparecen niveles medio-altos, influyendo la edad, el género, la cultura/religión y es estatus social. En cuanto a los rendimientos escolares aparecen niveles medios, influyendo la edad, cultura y status social” (p. 14).

A25.18 (T) – “[...] da análise dos resultados pode-se deduzir que níveis médio-altos aparecem na IE, influenciando idade, gênero, cultura/religião e status social. Em relação ao desempenho escolar, aparecem níveis médios, influenciando a idade, a cultura e o status social” (p. 14).

A25.19 – “[...] con el objetivo de averiguar el engagement académico de los estudiantes, se partió de la versión española del Utrecht Work Engagement Scale – Student (UWES-S)” (p. 14-15).

A25.19 (T) – “[...] para saber o engajamento acadêmico dos alunos, partimos da versão em espanhol da Utrecht Work Engagement Scale - Student (UWES-S)” (p. 14-15).

A25.20 – “[...] no obstante, las prevalencias de IE, engagement académico y rendimiento escolar pueden variar de un curso académico a otro dependiendo de las circunstancias personales y contextuales de los estudiantes dentro de su grupo” (p. 15).

A25.20 (T) – “[...] no entanto, a prevalência da IE, o envolvimento acadêmico e o desempenho escolar podem variar de um ano letivo para outro, dependendo das circunstâncias pessoais e contextuais dos alunos dentro do seu grupo” (p. 15).

Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática

A25.21 – “[...] demostrar que las destrezas y competencias en IE tienen una repercusión real y positiva en la formación integral de los alumnos” (p. 15).

A25.21 (T) – “[...] demonstrar que as habilidades e competências da IE têm um impacto real e positivo na formação integral dos estudantes” (p. 15).

A25.22 – “[...] pero con resultados dispares dependiendo de las variables metodologías y escalas de medición utilizadas” (p. 15-16).

A25.23 (T) – “[...] mas com resultados díspares dependendo das variáveis metodologias e escalas de medição utilizadas” (p. 15-16).

A25.23 – “[...] igualmente, es importante hacer notar, que algunos estudios están referidos a materias muy concretas (inglés, matemáticas y lengua castellana) de los currículum, lo que no garantiza su extensibilidad al resto de las asignaturas” (p. 16).

- Definição de Personalidade Docente (PD) e suas dimensões: 1) conscienciosidade, 2) amabilidade, 3) neuroticismo, 4) abertura e 5) extroversão; - Definição de Motivação (MOT) e suas características: 1) expectativa, 2) valor, 3) afetividade – ansiedade; - Definição de autorregulação; - Definição de Estratégias de Aprendizagem (EA) e classificação: 1) cognitivo (repetição, elaboração e organização), 2) metacognitivo (pensamento crítico e autorregulação metacognitiva) e 3) gerenciamento de recursos (tempo e local, regulação do esforço, aprendizado entre pares e busca de ajuda); - Definição de Memória de Trabalho (MT) e suas componentes: 1) executivo central, 2) alça fonológica, 3) alça visuoespacial e 4) retentor episódico; - Definição de Rendimento Acadêmico (RA).				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Revisão Sistemática	Não se aplica	Não se aplica	81 estudos coletados a partir de 5 bases de dados, considerando 3 critérios de inclusão.
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	Os autores não explicitaram o método de análise utilizado para tratamento dos dados.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A26.1 – “[...] autorregulación hacia el aprendizaje para que cada estudiante logre monitorear cualquier meta, la orientación que tiene el sujeto hacia metas de carácter interno o externo (intrínsecas y extrínsecas), creencias de control personal durante la selección de tareas 26, 27, autoeficacia 28 y experiencias de ansiedad frente a la realización de exámenes o evaluaciones para medir el aprendizaje” (p. 46). A26.1 (T) – “[...] auto-regulação para a aprendizagem para que cada aluno possa monitorar qualquer objetivo, a orientação que o sujeito tem para objetivos de natureza interna ou externa (intrínseca e extrínseca), crenças de controle pessoal durante a seleção de tarefas autoeficácia e experiências de ansiedade ao fazer testes ou avaliações para medir o aprendizado” (p. 46). A26.2 – “[...] la MT y su relación con el aprendizaje de las matemáticas, el cálculo, la lectura y escritura en niños entre los 6 y 12 años 43, ha sido suficientemente estudiado, concluyendo que es fundamental para la realización de actividades que requieren mayor compromiso cognoscitivo y razonamiento abstracto, especialmente en población adolescente y se convierte en predictor para el éxito académico” (p. 47). A26.2 (T) – “[...] a Memória de Trabalho e a sua relação com a aprendizagem da matemática, cálculo, leitura e escrita em crianças entre os 6 e os 12 anos tem sido suficientemente estudada, concluindo-se que é essencial para a realização de atividades que requerem maior empenho cognitivo e raciocínio abstrato, especialmente na população adolescente e torna-se um preditor para o sucesso académico” (p. 47). A26.3 – “[...] afirman que la MT se relaciona con la autorregulación en el aprendizaje, convirtiéndose la misma en la base para elegir efectivamente estrategias cognitivas (EA-C) metacognitivas (EA-MC)” (p. 47). A26.3 (T) – “[...] afirmam que a MT está relacionada à auto-regulação na aprendizagem, tornando-se a base para a escolha efetiva de estratégias cognitivas (EA-C) e metacognitivas (EA-MC)” (p. 47). A26.4 – “[...] refieren una relación entre la MT y la MOT, aseverando que la MT es necesaria para la búsqueda de objetivos en la consecución inmediata de metas con niños entre los 10 y 12 años, pues en la medida en que la motivación intrínseca aumenta, los errores de memoria disminuyen y la orientación a metas extrínsecas hace que los tiempos de reacción sean menores” (p. 47).				

A26.4 (T) – “[...] referem-se a uma relação entre MT e MOT, afirmando que A MT é necessária para a busca de objetivos no alcance imediato de metas com crianças entre 10 e 12 anos, pois na medida em que aumenta a motivação intrínseca, diminuem os erros de memória e a orientação para metas extrínsecas torna os tempos de reação mais curtos” (p. 47).

A26.5 – “[...] en este sentido, se ha evidenciado que la MOT, EA (EA-C y EA-MC) y la MT se relacionan, en tanto el efecto de interacción entre las creencias de control motivacional y estrategias cognitivas tienden a perfeccionar las EA-MC, y estas simultáneamente pueden facilitar tareas de MT” (p. 47).

A26.5 (T) – “[...] nesse sentido, foi demonstrado que o MOT, EA (EA-C e EA-MC) e MT estão relacionados, enquanto o efeito de interação entre crenças de controle motivacional e estratégias cognitivas tende a melhorar EA-MC, e estes simultaneamente podem facilitar tarefas de MT” (p. 47).

A26.6 – “[...] el RA se ha relacionado con la MOT, EA, PD y MT, siendo esta última variable la responsable de seleccionar efectivamente las estrategias que se requieren para lograr un resultado académico óptimo” (p. 47).

A26.6 (T) – “[...] o RA tem sido relacionado com o MOT, EA, PD e MT, sendo esta última variável responsável por selecionar efetivamente estratégias necessárias para alcançar um resultado acadêmico ideal” (p. 47).

A26.7 – “[...] en congruencia con esto que se ha mencionado anteriormente, es posible aseverar que la MOT extrínseca estaría mediada por la PD del docente y puesta en escena, y facilitaría la generación de EA (EA-C y EA-MC) que llevan al sujeto a alcanzar un RA satisfactorio” (p. 47).

A26.7 (T) – “[...] coerente com o que foi dito acima, é possível afirmar que o MOT extrínseca seria mediada pelo PD e encenação do professor, e facilitaria a geração de EA (EA-C e EA-MC) que conduzam o sujeito a atingir um RA satisfatório” (p. 47).

A26.8 – “[...] en congruencia con esto que se ha mencionado anteriormente, es posible aseverar que la MOT extrínseca estaría mediada por la PD del docente y puesta en escena, y facilitaría la generación de EA (EA-C y EA-MC) que llevan al sujeto a alcanzar un RA satisfactorio” (p. 48).

A26.8 (T) – “[...] nesse sentido, eles descobriram que o domínio abertura para experimentar (subdimensão da abertura mental), bem como a dimensão amabilidade, previam um estilo motivador em professores baseado na autonomia” (p. 48).

A26.9 – “[...] encontraron, a través de la aplicación del Cuestionario de motivación y estrategias de aprendizaje (MSLQ) que la orientación a metas intrínsecas” (p. 49).

A26.9 (T) – “[...] constataram, através da aplicação do *Motivation Questionnaire and Learning Strategies* (MSLQ) que orientam a metas intrínsecas” (p. 49).

A26.10 – “[...] de modo que presentaron un mejor rendimiento aquellos estudiantes que mostraban una marcada tendencia hacia la autorregulación en su aprendizaje” (p. 50).

A26.10 – (T) “[...] portanto, aqueles alunos que mostraram uma tendência acentuada para a autorregulação em sua aprendizagem tiveram melhor desempenho” (p. 50).

A26.11 – “[...] en los últimos tiempos, se ha logrado demostrar que la MT no solo se relaciona de manera importante con el RA, sino que se convierte en un predictor del mismo, quedando relegada la capacidad intelectual como un factor que históricamente se le atribuía una responsabilidad casi que exclusiva en el éxito académico” (p. 50).

A26.11 (T) – “[...] nos últimos tempos, tem sido possível demonstrar que a MT não só está significativamente relacionada com a RA, mas que se torna um preditor da mesma, deixando a capacidade intelectual relegada como um fator a que historicamente foi atribuída uma responsabilidade quase exclusiva para o sucesso acadêmico” (p. 50).

A26.12 – “[...] Aplicaron la prueba de potencia en memoria de trabajo para niños (del inglés *working memory power test for children* (WMPTC))” (p. 50).

A26.12 (T) – “[...] teste de poder de memória de trabalho para crianças (do inglês *working memory power test for children* – (WMPTC))” (p. 50).

A26.13 – “[...] evaluación automatizada en memoria de trabajo (del inglés *automated working memory assessment* o AWMA)” (p. 50).

A26.13 (T) – “[...] avaliação automatizada da memória de trabalho (AWMA) (do inglês, *Automated working memory assessment* (AWMA))” (p. 50).

A26.14 – “[...] la prueba de logro individual de Wechsler (del inglés *wechsler individual achievement*)” (p. 50).

A26.14 (T) – “[...] e o Teste de Desempenho Individual Wechsler (do inglês *Wechsler realização individual Wechsler individual achievement*)” (p. 50).

A26.15 – “[...] la detección temprana de problemas en este sistema de memoria a corto plazo es un primer paso para reducir dificultades en las habilidades académicas pertinentes” (p. 50).

A26.15 (T) – “[...] a detecção precoce de problemas neste sistema de memória de curto prazo é um primeiro passo para reduzir as dificuldades em habilidades acadêmicas relevantes” (p. 50).

A26.16 – “[...] cabe puntualizar, entonces, que se demuestra el poder predictivo de la MT en el RA global” (p. 50).

A26.16 (T) – “[...] deve-se ressaltar, então, que o poder preditivo da MT no RA global é demonstrado” (p. 50).

A26.17 – “[...] no obstante, la MT requiere, además, la interacción entre la MOT y EA (EA-C y EA-MC) para dirigir sus recursos cognitivos hacia la efectividad que se proponen en las diferentes tareas” (p. 50).

A26.17 (T) – “[...] no entanto, a MT também requer a interação entre MOT e EA (EA-C e EA-MC) para direcionar seus recursos cognitivos para a eficácia proposta nas diferentes tarefas” (p. 50).

A26.18 – “[...] la tarea de MT visual Corsi (del inglés *visual working memory task* o CVWMT)” (p. 50).

A26.18 (T) – “[...] a tarefa de MT Visual Corsi (del inglés *visual working memory task* - CVWMT)” (p. 50).

A26.19 – “[...] por lo que los autores afirman que con la implementación de EA se mejora el nivel de desempeño de la MT” (p. 50).

A26.19 (T) – “[...] portanto, os autores afirmam que com a implementação da EA o nível de desempenho da MT é melhorado” (p. 50).

A26.20 – “[...] indican que cuando hay una menor capacidad en MT, existirán más probabilidades de que los estudiantes se sientan abrumados por las demandas cognitivas” (p. 51).

A26.20 (T) – “[...] eles indicam que quando há menor habilidade em MT, os alunos são mais propensos a se sentirem sobrecarregados pelas demandas cognitivas” (p. 51).

A26.21 – “[...] gerenciando o Newcastle teste de memória espacial” (p. 51).

A26.21 (T) – “[...] administrando el *newcastle spatial memory test*” (p. 51).

A26.22 – “[...] de acuerdo con lo anterior, el factor de recompensa como MOT extrínseca influyó positivamente en los participantes para inducir un estado emocional para facilitar la consolidación y evocación posterior de los recuerdos” (p. 51).

A26.22 (T) – “[...] de acordo com o exposto, o fator de recompensa como a MOT extrínseca influenciou positivamente os participantes a induzir um estado emocional para facilitar a consolidação e subsequente recordação de memórias” (p. 51).

A26.23 – “[...] por un lado, se estima interesante evidenciar esta relación en estas edades, debido a que se concibe como período crítico en cuanto a mielinización de áreas prefrontales, en donde la región que corresponde a la corteza prefrontal dorsolateral (CPFDL) puede comenzar a guiar el establecimiento de metas, autorregulación metacognitiva para conseguir objetivos de logro personal y flexibilización. Específicamente, entre los 9 y 11 años se alcanza un desempeño superior en el componente visual que corresponde a la MT 65, aunque otros autores sugieren que es a partir de los 12 años. Asimismo, se ha registrado que la MT verbal incrementa su capacidad para almacenar, manipular y evocar la información de orden inverso durante este período” (p. 51).

A26.23 (T) – “[...] por um lado, considera-se interessante demonstrar esta relação nestas idades, pois é concebida como um período crítico ao nível da mielinização das áreas pré-frontais, onde a região que corresponde ao córtex pré-frontal dorsolateral (DLPCF) pode começar a orientar o estabelecimento de metas, a autorregulação metacognitiva para atingir objetivos de realização pessoal e flexibilidade. Especificamente, entre as idades de 9 e 11 anos, um desempenho superior na componente visual que corresponde à MT, embora outros autores sugiram que seja a partir dos 12 anos de idade. Da mesma forma, foi registrado que a MT verbal aumenta sua capacidade de armazenar, manipular e evocar as informações de ordem inversa durante este período” (p. 51).

A26.24 – “[...] no obstante, la tendencia desde el docente por manifestar inestabilidad emocional o neuroticismo hace que estos puedan transmitir sentimientos de inferioridad e incluso incrementar niveles de ansiedad en sus estudiantes por modelado social” (p. 52).

A26.24 (T) – “[...] no entanto, a tendência do professor em manifestar instabilidade emocional ou neuroticismo faz com que ele possa transmitir sentimentos de inferioridade e até aumentar os níveis de ansiedade em seus alunos devido à modelagem social” (p. 52).

A26.25 – “[...] investigaciones posteriores encuentran que para garantizar un RA adecuado será necesario no solamente considerar la MOT y las EA (EA-C y EA-MC), sino también el desempeño en MT como factor que predice los resultados en el RA para niños de 6 a 12 años, de 9 a 11 años, y de 14 a 15 años” (p. 52).

A26.25 (T) – “[...] pesquisas posteriores constataam que para garantir um RA adequado será necessário considerar não só a MOT e a EA (EA-C e EA-MC), mas também o desempenho em MT como fator preditivo dos resultados no RA para crianças de 6 a 12 anos, de 9 a 11 anos e de 14 a 15 anos” (p. 52).

A26.26 – “[...] por lo que las E-C basadas en repetición serían empleadas para tareas con un nivel inferior de complejidad mientras logran activar la información que se encuentra en la MT desde el componente denominado BF 38, por su parte, las EA-MC orientadas desde el pensamiento crítico no solo podrían activar la información en el subsistema que se relaciona con el BF, sino también con la AVE 34, así como las EA-C, que pretenden organizar el material de aprendizaje que exigen a la MT un mejor desempeño” (p. 52).

A26.26 (T) – “[...] portanto, os E-C baseados na repetição seriam utilizados para tarefas com menor nível de complexidade enquanto conseguem ativar as informações encontradas na MT a partir do componente denominado BF, por outro lado, os EA-MC orientados a partir do pensamento crítico poderiam não só ativar as informações no subsistema que está relacionado ao BF, mas também com o AVE, bem como os EA-C, que pretendem organizar o material de aprendizagem que exige que a MT tenha um melhor desempenho” (p. 52).

A26.27 – “[...] en congruencia con esto, cuando PD, MOT, EA (EA-C y EA-MC) y MT están en sintonía con los resultados que se esperan obtener en el RA para los niños de 9 a 14 años, se puede lograr un desempeño efectivo en metas de logro personal para el aprendizaje” (p. 52).

A26.27 (T) – “[...] coerente com isso, quando PD, MOT, EA (EA-C e EA-MC) e MT estão em sintonia com os resultados que se espera obter na RA para crianças de 9 a 14 anos, um desempenho pode ser alcançado em metas de realização pessoal para aprendizagem” (p. 52).

Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática

A26.28 – “[...] se reconoce, a partir de este artículo de revisión, que estas variables entre sí establecen una relación que más adelante podría ser puesta a prueba empíricamente” (p. 53).

A26.28 (T) – “[...] reconhece-se, a partir deste artigo de revisão, que essas variáveis estabelecem uma relação entre si que poderia posteriormente ser testada empiricamente” (p. 53).

A26.29 – “[...] por lo que son competencias que se entrenan en la etapa escolar, siendo guiadas por la PD como un factor de motivación para el alcance de objetivos y vinculación del estudiante con su material de aprendizaje” (p. 53).

A26.29 (T) – “[...] portanto, são competências que são treinadas na etapa escolar, sendo norteadas pela PD como fator motivador para o alcance dos objetivos e vinculando o aluno com seu material de aprendizagem” (p. 53).

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 47 – Ficha de leitura do artigo A27.

Quadro 47 Ficha de leitura do artigo A27.

IDENTIFICAÇÃO				
Identificação do artigo		Referência completa		
A27		MARTÍN-LOBO, P.; MUELAS, A.; MARTÍNEZ, I.; PRADAS, S.; MAGREÑÁN, A. A study of 16 years old student learning strategies from a neuropsychological perspective: an intervention proposal. Trends in Neuroscience and Education . Leimgrubenweg (Alemenha) v. 1, n. 2, p. 1-43, 2018.		
DADOS DA PUBLICAÇÃO				
Título		A study of 16 years old student learning strategies from a neuropsychological perspective: an intervention proposal		
Autores		Pilar Martín-Lobo, Álvaro Muelas, Isabel Martínez, Silvia Pradas, Alberto Magreñán		
Periódico		Trends in Neuroscience and Education		
ISSN		Qualis (2017/2020)		Ano
2211-9493		A2		2018
Número		Volume		Intervalo de páginas
2		1		1-43
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO				
Questão de pesquisa		Objetivo da pesquisa		
Quais estratégias de aprendizagem são utilizadas por estudantes sob uma perspectiva neuropsicológica?		Analisar, relacionar e comparar estratégias de aprendizagem e desempenho acadêmico de estudantes sob uma perspectiva neuropsicológica.		
Palavras-chave do artigo				
Neuropsychological Abilities. Learning Strategies. Performance. Innovation. Educational Neuropsychology..				
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO				
• Importância das estratégias de aprendizagem para a neuropsicologia; • As estratégias de aprendizagem têm relação com aspectos emocionais e motivacionais e não somente com aspectos cognitivos; • Bases neuropsicológicas do uso de estratégias pelos alunos, juntamente com os fatores relevantes que impactam o processo de aprendizagem.				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Não foi evidenciado	438 participantes	ACRA test: Learning Strategies Scale	Não se aplica
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	Os pesquisadores não indicaram um método de análise de dados específico.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				

A27.1 – “[...] these strategies are not limited to the area of cognition, but they also refer to motivational and metacognitive matters that force the student to plan, manage and individually control their own learning process” (p. 4)

A27.1 (T) – “[...] essas estratégias não se limitam à área da cognição, mas também se referem a questões motivacionais e metacognitivas que obrigam o aluno a planejar, gerenciar e controlar individualmente seu próprio processo de aprendizagem” (p. 4).

A27.2 – “[...] various studies have shown that both a developing brain and a mature brain can be structurally modified during the learning process” (p. 4).

A27.2 (T) – “[...] vários estudos demonstraram que tanto um cérebro em desenvolvimento como um cérebro maduro podem ser estruturalmente modificados durante o processo de aprendizagem” (p. 4).

A27.3 – “[...] they found that exploratory attentional strategies were used more often by high achieving students” (p. 5).

A27.3 (T) – “[...] eles descobriram que estratégias atencionais exploratórias eram usadas com mais frequência por alunos com alto desempenho” (p. 5).

A27.4 – “[...] other related studies have demonstrated a low level of visual-motor integration, verbal auditory discrimination and working memory in students between 13 and 16 of age with low academic achievement” (p. 5).

A27.4 (T) – “[...] outros estudos relacionados demonstraram baixo nível de integração viso-motora, discriminação auditiva verbal e memória de trabalho em estudantes entre 13 e 16 anos com baixo desempenho acadêmico” (p. 5).

A27.5 – “[...] Román & Gallego constructed the ACRA questionnaire” (p. 5).

A27.5 (T) – “[...] Román & Gallego construíram o questionário ACRA” (p. 5).

A27.6 – “[...] which suggests that brain functioning is based on the development of the three basic cognitive processes i.e. acquisition, codification and storage, and retrieval and evocation” (p. 6).

A27.6 (T) – “[...] o que sugere que o funcionamento do cérebro é baseado no desenvolvimento dos três processos cognitivos básicos, ou seja, aquisição, codificação e armazenamento, e recuperação e evocação” (p. 6).

A27.7 – “[...] the use that the students make of such strategies when they learn can be classified into four scales (acquisition, codification, retrieval and support)” (p. 6).

A27.7 (T) – “[...] a utilização que os alunos fazem de tais estratégias quando aprendem pode ser classificada em quatro escalas (aquisição, codificação, recuperação e suporte)” (p. 6).

A27.8 – “[...] moreover, some researchers suggest that teachers can better understand the brain through neurosciences, which could therefore improve the teaching process” (p. 6).

A27.8 (T) – “[...] além disso, alguns investigadores sugerem que os professores podem compreender melhor o cérebro através das neurociências, o que poderia, portanto, melhorar o processo de ensino” (p. 6).

A27.9 – “[...] further, whilst thought activity has been related to language and symbols, it is also linked with sensory perception and motor functioning” (p. 6).

A27.9 (T) – “[...] além disso, embora a atividade do pensamento tenha sido relacionada à linguagem e aos símbolos, ela também está ligada à percepção sensorial e ao funcionamento motor” (p. 6).

A27.10 – “[...] acquisition cognitive processes involve attentional and repetition strategies to acquire, select, transform and transport information from the context to short term memory, which allows for establishing new connections in order to create new ways of thinking” (p. 6).

A27.10 (T) – “[...] os processos cognitivos de aquisição envolvem estratégias de atenção e repetição para adquirir, selecionar, transformar e transportar informações do contexto para a memória de curto prazo, o que permite estabelecer novas conexões para criar novas formas de pensar” (p. 6).

A27.11 – “[...] there are exploratory attentional strategies that are often triggered by previous knowledge and that are activated when we have a clear learning objective and the information available is well organised (p. 6-7).

A27.11 (T) – “[...] existem estratégias atencionais exploratórias que muitas vezes são desencadeadas por conhecimentos prévios e que são ativadas quando temos um objetivo de aprendizagem claro e a informação disponível está bem organizada” (p. 6-7).

A27.12 – “[...] with respect to repetition strategies (the main function of which is to move the information received to the short-term memory) these can involve techniques such as aloud or mental repetition, which allows the student to store the information received through different sources” (p. 7).

A27.12 (T) – “[...] no que diz respeito às estratégias de repetição (cuja principal função é transferir a informação recebida para a memória de curto prazo) estas podem envolver técnicas como a repetição em voz alta ou mental, que permite ao aluno armazenar a informação recebida através de diferentes fontes” (p. 7).

A27.13 – “[...] these strategies involve understanding and interpreting abilities and they also require sensory, motor, lateral, spatial-temporal, language and memory abilities” (p. 7).

A27.13 (T) – “[...] essas estratégias envolvem habilidades de compreensão e interpretação e também requerem habilidades sensoriais, motoras, laterais, espaço-temporais, de linguagem e de memória” (p. 7).

A27.14 – “[...] in addition, the frontal lobe aids abstract thinking, planning and higher cognitive functions, but the latter are influenced by the student’s attention, concentration and emotional state” (p. 7).

A27.14 (T) – “[...] além disso, o lobo frontal auxilia o pensamento abstrato, o planejamento e as funções cognitivas superiores, mas estas últimas são influenciadas pela atenção, concentração e estado emocional do aluno” (p. 7).

A27.15 – “[...] these codification processes require mnemonic, elaboration and organisation strategies in order to give meaning to the information” (p. 7).

A27.15 (T) – “[...] esses processos de codificação requerem estratégias mnemônicas, de elaboração e organização para dar sentido à informação” (p. 7).

A27.16 – “[...] working memory is a prior requirement for cognitive flexibility, strategic planning, and the rapid transfer of information to long-term memory” (p. 7).

A27.16 (T) – “[...] a memória de trabalho é um requisito prévio para flexibilidade cognitiva, planejamento estratégico e rápida transferência de informações para a memória de longo prazo” (p. 7).

A27.17 – “[...] some examples of these strategies are rhymes or acrostics, which are used for superficial learning and facilitate the use of working memory for planning and transferring the information to long-term memory” (p. 7).

A27.17 (T) – “[...] alguns exemplos dessas estratégias são as rimas ou acrósticos, que são utilizados para aprendizagem superficial e facilitam o uso da memória de trabalho para planejar e transferir as informações para a memória de longo prazo” (p. 7).

A27.18 – “[...] organisation skills allow for the codification of the information through grouping processes, conceptual maps, logical sequences and diagrams, which give a higher significance and structure to the contents in order for these to be more accessible and manageable” (p. 8).

A27.18 (T) – “[...] as habilidades de organização permitem a codificação da informação através de processos de agrupamento, mapas conceituais, sequências lógicas e diagramas, que conferem maior significado e estrutura aos conteúdos para que sejam mais acessíveis e gerenciáveis” (p. 8).

A27.19 – “[...] brain processes related to executive functions are activated such as: frontal lobes, associative areas, processes, and complex neuronal circuits that play a role in resistance to interference, filtering irrelevant information, and the inhibition of dominant patterns that are inappropriate during the execution of the task” (p. 8).

A27.19 (T) – “[...] são ativados processos cerebrais relacionados às funções executivas, como: lobos frontais, áreas associativas, processos e circuitos neuronais complexos que desempenham um papel na resistência à interferência, na filtragem de informações irrelevantes e na inibição de padrões dominantes inadequados durante a execução da tarefa” (p. 8).

A27.20 – “[...] retrieval strategies facilitate information searching in memory, conditioned by the organisation of the knowledge in memory, by the codification strategies, and by the generation of an answer” (p. 8).

A27.20 (T) – “[...] as estratégias de recuperação facilitam a busca da informação na memória, condicionada pela organização do conhecimento na memória, pelas estratégias de codificação e pela geração de uma resposta” (p. 8).

A27.21 – “[...] memory is a neurocognitive function, which forms the basis of the learning process” (p. 8).

A27.21 (T) – “[...] a memória é uma função neurocognitiva, que constitui a base do processo de aprendizagem” (p. 8).

A27.22 – “[...] further, affective and emotional states related to the limbic system might play a role in all of these processes” (p. 9).

A27.22 (T) – “[...] além disso, os estados afetivos e emocionais relacionados ao sistema límbico podem desempenhar um papel em todos esses processos” (p. 9).

A27.23 – “[...] the highest scores were for codification and information processing support strategies” (p. 11).

A27.23 (T) – “[...] as pontuações mais altas foram para estratégias de codificação e suporte ao processamento da informação” (p. 11).

A27.24 – “[...] the results from these analyses show that there is a significant correlation between the four learning strategies that were evaluated and all of the subjects” (p. 12).

A27.24 (T) – “[...] os resultados destas análises mostram que existe uma correlação significativa entre as quatro estratégias de aprendizagem que foram avaliadas e todas as disciplinas” (p. 12).

A27.25 – “[...] the students with high performance were those that also displayed higher scores for acquisition, retrieval and support strategies” (p. 12).

A27.25 (T) – “[...] os alunos com alto desempenho foram aqueles que também apresentaram pontuações mais altas nas estratégias de aquisição, recuperação e apoio” (p. 12).

A27.26 – “[...] these analyses revealed significant differences between the global performance of the three groups in terms of the use of their learning strategies” (p. 15).

A27.26 (T) – “[...] estas análises revelaram diferenças significativas entre o desempenho global dos três grupos em termos da utilização das suas estratégias de aprendizagem” (p. 15).

A27.27 – “[...] where students between 7 and 11 years of age that failed subjects such as Language and Mathematics were found to have a lower level of development in visual, auditory, motor, spatial-temporal, language and memory factors” (p. 16).

A27.27 (T) – “[...] onde os alunos entre 7 e 11 anos que foram reprovados em disciplinas como Linguagem e Matemática apresentaram menor nível de desenvolvimento nos fatores visuais, auditivos, motores, espaço-temporais, linguagem e memória” (p. 16).

A27.28 – “[...] the results of Scale I for information acquisition reveal a lower level in the students and it would thus be convenient to exercise neuropsychological skills such as vision, audition, or sensory integration, which facilitate this type of strategy” (p. 16).

A27.28 (T) – “[...] os resultados da Escala I para aquisição de informação revelam um nível inferior nos alunos e seria assim conveniente exercitar competências neuropsicológicas como a visão, a audição ou a integração sensorial, que facilitam este tipo de estratégia” (p. 16).

A27.29 – “[...] thus, this result implies the need to improve codification and understanding processes in order to avoid comprehension issues such as problems with the Language subject or dyslexia, according to some studies that relate visual processes and visual skills with reading and learning, phonological awareness difficulties, and other neurocognitive risk factors” (p. 16).

A27.29 (T) – “[...] assim, este resultado implica a necessidade de melhorar os processos de codificação e compreensão, a fim de evitar problemas de compreensão como problemas com a disciplina de Linguagem ou dislexia, de acordo com alguns estudos que relacionam processos visuais e habilidades visuais com leitura e aprendizagem, dificuldades de consciência fonológica, e outros fatores de risco neurocognitivos” (p. 16).

A27.30 – “[...] these results can be explained, given the need to develop memory strategies from a neuropsychological perspective in order to apply them to the learning process, given that learning is a process that encompasses three basic processes that happen in a sequence: codification of the information, storage, and retrieval of the information” (p. 17).

A27.30 (T) – “[...] esses resultados podem ser explicados dada a necessidade de desenvolver estratégias de memória do ponto de vista neuropsicológico para aplicá-las ao processo de aprendizagem, visto que a aprendizagem é um processo que engloba três processos básicos que acontecem em sequência: codificação da informação, armazenamento e recuperação da informação” (p. 17).

A27.31 – “[...] therefore, it is necessary to evaluate the memory level of the students in order to plan an intervention that can work both with short term and long memory” (p. 17).

A27.31 (T) – “[...] portanto, é necessário avaliar o nível de memória dos alunos para planejar uma intervenção que possa trabalhar tanto com a memória de curto prazo quanto com a memória de longo prazo” (p. 17).

A27.32 – “[...] highlight the role of affectivity and cognition in the learning processes and the impact of executive functions on Language performance, mathematics, sciences and inhibition capacity” (p. 17).

A27.32 (T) – “[...] destacar o papel da afetividade e da cognição nos processos de aprendizagem e o impacto das funções executivas no desempenho da linguagem, matemática, ciências e capacidade de inibição” (p. 17).

A27.33 – “[...] in particular, the teachers and students could learn how the brain works while studying and, thus, improve their neuropsychological skills and their strategies and implement a personal plan for improvement and self-regulation of learning” (p. 18).

A27.33 (T) – “[...] em particular, os professores e os alunos poderiam aprender como funciona o cérebro enquanto estudam e, assim, melhorar as suas competências neuropsicológicas e as suas estratégias e implementar um plano pessoal de melhoria e autorregulação da aprendizagem” (p. 18).

A27.34 – “[...] we will also take into account the fact that parietal areas are activated during numerical activities such as enumeration, comparison, quantity measuring and calculus” (p. 19).

A27.34 (T) – “[...] também levaremos em conta o fato de que as áreas parietais são ativadas durante atividades numéricas como enumeração, comparação, medição de quantidades e cálculo” (p. 19).

A27.35 – “[...] thus, we will include object magnitude physical manipulation activities, more socially and culturally dynamic digital screens, and family activities” (p. 19).

A27.35 (T) – “[...] assim, incluiremos atividades de manipulação física de magnitude de objeto, telas digitais mais dinâmicas social e culturalmente e atividades familiares” (p. 19).

A27.36 – “[...] the teachers would facilitate the transition from manipulating concrete objects to developing abstract concepts, therefore improving understanding and thus the codification process” (p. 19).	
A27.36 (T) – “[...] os professores facilitariam a transição da manipulação de objetos concretos para o desenvolvimento de conceitos abstratos, melhorando assim a compreensão e, portanto, o processo de codificação” (p. 19).	
A27.37 – “[...] information acquisition skills are cognitive processes that select and transform the information received by the students through exteroceptive senses in order to transfer it to the working memory and, thus, projecting the information to temporal areas in the brain. Once the information is in the temporal lobe, the information codification strategies allow for the transfer of content from working memory to long term memory and its transformation, by integrating it with previous knowledge in a cognitive structure - with the implication of posterior cortical regions in the occipital and temporal cortex, inferior parietal regions, higher temporal gyrus, and inferior frontal cortex. Once the information has been processed, the cognitive system needs to have retrieval capacity. For this, the limbic system plays an important role, given that variables such as emotions and motivation play a relevant role throughout the cognitive process” (p. 19-20).	
A27.37 (T) – “[...] habilidades de aquisição de informação são processos cognitivos que selecionam e transformam as informações recebidas pelos alunos por meio dos sentidos exteroceptivos para transferi-las para a memória de trabalho e, assim, projetar as informações para áreas temporais do cérebro. Uma vez que a informação está no lobo temporal, as estratégias de codificação da informação permitem a transferência do conteúdo da memória de trabalho para a memória de longo prazo e a sua transformação, integrando-o com conhecimentos prévios numa estrutura cognitiva - com a implicação de regiões corticais posteriores no córtex occipital e temporal, regiões parietais inferiores, giro temporal superior e córtex frontal inferior. Uma vez processada a informação, o sistema cognitivo precisa ter capacidade de recuperação. Para isso, o sistema límbico desempenha um papel importante, dado que variáveis como as emoções e a motivação desempenham um papel relevante ao longo do processo cognitivo” (p. 19-20).	
A27.38 – “[...] Programs to develop attention skills such as <i>Find the differences</i> ” (p. 21).	
A27.38 (T) – “[...] Programas para desenvolver habilidades de atenção como Encontre as diferenças” (p. 21).	
A27.39 – “[...] Programs to develop visual skills such as <i>Puzzles</i> ” (p. 21).	
A27.39 (T) – “[...] Programas para desenvolver habilidades visuais como Quebra-cabeças” (p. 21).	
A27.40 – “[...] Memory development programs such as <i>Los Memos</i> ” (p. 21).	
A27.40 (T) – “[...] Programas de desenvolvimento de memória como Los Memos” (p. 21).	
A27.41 – “[...] Programs to develop mental and conceptual maps, both individually and in group” (p. 22).	
A27.41 (T) – “[...] Programas para desenvolver mapas mentais e conceituais, tanto individualmente quanto em grupo” (p. 22).	
Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática	
Não foram extraídas unidades de sentido dessa seção do artigo.	

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 48 – Ficha de leitura do artigo A28.

IDENTIFICAÇÃO	
Identificação do artigo	Referência completa
A28	VALDIVIEZO-LOAYZA, M. A.; RIVERA-MUÑOZ, J. L. La inteligencia emocional en la educación, una revisión sistemática en América Latina y el Caribe. Revista Peruana de Investigación e Innovación Educativa . Lima (Perú), v. 2, n. 2, p. 1-10, jul. 2022.
DADOS DA PUBLICAÇÃO	
Título	La inteligencia emocional en la educación, una revisión sistemática en América Latina y el Caribe

Autores		Milagritos Analy Valdiviezo-Loayza e Jorge Leoncio Rivera-Muñoz		
Periódico		Revista Peruana de Investigación e Innovación Educativa		
ISSN		Qualis (2017/2020)		Ano
2789-0880		NA		2022
Número		Volume		Intervalo de páginas
2		2		1-10
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO				
Questão de pesquisa			Objetivo da pesquisa	
Os autores não apresentaram uma questão de pesquisa de forma direta no decorrer do estudo.			Apresentar à comunidade científica um estado da arte de estudos associados à incidência da educação no desenvolvimento da inteligência emocional.	
Palavras-chave do artigo				
Inteligencia emocional. Desarrollo afectivo. Competencias para la vida. Revisión sistemática.				
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO				
• Importância de educar as emoções; • Alguns benefícios de educar as emoções; • Algumas atitudes de uma pessoa social e emocionalmente inteligente; • Alguns dados estatísticos relacionados a problemas psicológicos e emocionais causados pela pandemia; • Crítica à educação tradicional que dá ênfase a aspectos cognitivos em detrimento de aspectos emocionais/psicológicos; • Constatação de poucos estudos sobre competências socioemocionais; • Necessidade de estudos que avaliem a eficácia de programas educacionais implementados para aprimorar a inteligência emocional dos estudantes; • A situação de pobreza/pobreza extrema pode afetar negativamente as emoções.				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Revisão Sistemática de Literatura, considerando as etapas estabelecidas por Sánchez (2010)	Não se aplica	Fichas elaboradas contendo: 1) autores e ano; 2) país; 3) objetivo; 4) metodologia; 5) amostra; 6) instrumentos; e 7) resumo.	36 artigos científicos provenientes de três bases de dados (Scopus, EBSCO, OARE) considerando o período de 2018 até 2021.
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	Os autores não explicitaram o método de análise utilizado para tratamento dos dados.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A28.1 – “[...] que a mayor conciencia e identificación de las emociones, mayores es la tolerancia y el manejo de la frustración” (p. 3-4).				
A28.1 (T) – “[...] que quanto maior for a consciência e identificação das emoções, maior será a tolerância e a gestão da frustração” (p. 3-4).				
A28.2 – “[...] se enfatiza, además, como condición determinante para regular las emociones y enfrentar los problemas cotidianos, el educar en la comunicación de las emociones” (p. 4).				
A28.2 (T) – “[...] ressalta-se também, como condição determinante para regular as emoções e enfrentar os problemas do cotidiano, educar na comunicação das emoções” (p. 4).				

A28.3 – “[...] se reconoce la existencia de una sociedad que no está acostumbrada en resaltar las capacidades de las personas” (p. 4).

A28.3 (T) – “[...] é reconhecida a existência de uma sociedade que não está acostumada a valorizar as capacidades das pessoas” (p. 4).

A28.4 – “[...] concluyendo como condición para un buen rendimiento académico, el contar con una buena gestión de las emociones” (p. 4).

A28.4 (T) – “[...] concluído como condição para um bom desempenho acadêmico, ter um bom gerenciamento das emoções” (p. 4).

A28.5 – “[...] los mismos que resaltan la influencia de las variables motivacionales en el rendimiento académico y enfatizan en la necesidad de cuidado y atención” (p. 4).

A28.5 (T) – “[...] os mesmos que destacam a influência das variáveis motivacionais no desempenho acadêmico e enfatizam a necessidade de cuidado e atenção” (p. 4).

A28.6 – “[...] los resultados dan a conocer que los adolescentes dan prioridad y valoran el cuidado de lo emocional, sobre las cognitivas. Tales resultados son entendidos como una fuente primaria que pueden aportar a la educación en el cuidado de lo afectivo” (p. 4).

A28.6 (T) – “[...] os resultados revelam que os adolescentes priorizam e valorizam os cuidados emocionais em detrimento dos cognitivos. Tais resultados são entendidos como fonte primária que pode contribuir para a educação no cuidado do afetivo” (p. 4).

A28.7 – “[...] entre sus resultados, destacó la aparición de factores emocionales, no contextuales, que influyen significativamente en el rendimiento académico, como por ejemplo el manejo de la ansiedad y estrés” (p. 5).

A28.7 (T) – “[...] entre seus resultados, ele destacou o aparecimento de fatores emocionais, e não contextuais, que influenciam significativamente o desempenho acadêmico, como a ansiedade e o gerenciamento do estresse” (p. 5).

A28.8 – “[...] se incluye la influencia de la inteligencia emocional y se enfatiza en la necesidad de su implementación en las diferentes escuelas profesionales para la formación profesional” (p. 5).

A28.8 (T) – “[...] inclui-se a influência da inteligência emocional e enfatiza-se a necessidade de sua implementação em diferentes escolas profissionais para formação profissional” (p. 5).

A28.9 – “[...] concluyendo en que la educación que sea capaz de incluir el cuidado de las emociones, será una educación que aportará para el resto de la vida de las personas que formó” (p. 5).

A28.9 (T) – “[...] concluído que a educação que for capaz de incluir o cuidado das emoções, será uma educação que contribuirá para o resto da vida das pessoas que formou” (p. 5).

A28.10 – “[...] Los resultados muestran una correlación directa y estadísticamente significativa entre el clima familiar y la inteligencia emocional” (p. 5).

A28.10 (T) – “[...] os resultados mostram uma correlação direta e estatisticamente significativa entre o clima familiar e a inteligência emocional” (p. 5).

Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática

A28.11 – “[...] existe una imperiosa necesidad de promover investigaciones orientadas a ampliar la comprensión y conocimiento de la interrelación entre los diferentes constructos asociados a la inteligencia emocional en la escuela, así como a analizar sus variables en diferentes realidades educativas” (p. 7).

A28.11 (T) – “[...] há necessidade urgente de promover pesquisas que visem ampliar a compreensão e o conhecimento da inter-relação entre os diferentes construtos associados à inteligência emocional na escola, bem como analisar suas variáveis em diferentes realidades educacionais” (p. 7).

A28.12 – “[...] subraya la necesidad de incluir en el currículo la formación en competencias emocionales en los diferentes niveles no solamente en la educación básica o bachillerato, sino también en institutos tecnológicos superiores y universidades” (p. 7). A28.12 (T) – “[...] sublinha a necessidade de incluir a formação em competências emocionais nos currículos dos diferentes níveis, não só no ensino básico ou no ensino secundário, mas também nos institutos tecnológicos superiores e nas universidades” (p. 7). A28.13 – “[...] la revisión y los resultados de los estudios resaltan el valor de la dimensión humanista de la educación y cómo cada acto social, constituyen actos relacionales y emocionales” (p. 7). A28.13 (T) – “[...] uma revisão e os resultados de dois estudos destacam o valor da dimensão humanística da educação e como cada ato social constitui atos relacionais e emocionais” (p. 7).

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 49 – Ficha de leitura do artigo A29.

IDENTIFICAÇÃO			
Identificação do artigo		Referência completa	
A29		MEDRANO, J.; PRATHER, R. W. Rethinking executive functions in mathematical cognition. Journal of Cognition and Development . Virgínia (Estados Unidos), v. 24, n. 2, p. 280-295, 2023.	
DADOS DA PUBLICAÇÃO			
Título		Rethinking executive functions in mathematical cognition	
Autores		Josh Medrano e Richard Prather	
Periódico		Journal of Cognition and Development	
ISSN		Qualis (2017/2020)	Ano
1532-7647		NA	2023
Número		Volume	Intervalo de páginas
2		24	280-295
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO			
Questão de pesquisa		Objetivo da pesquisa	
Como os pesquisadores investigam a ligação entre o controle inibitório e a Matemática?		Identificar como crianças e adultos usam o controle inibitório em contextos matemáticos simbólicos e não simbólicos fundamentais específicos, com atenção aos conceitos aprendidos nos anos primários.	
Palavras-chave do artigo			
NA			
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO			
- Definição de funções executivas; - Componentes das funções executivas (memória de trabalho, flexibilidade cognitiva e controle inibitório); - Correlação positiva entre funções executivas e desempenho em Matemática; - Possibilidade de intervir nas funções executivas para potencializar a aprendizagem de Matemática; - Alguns fatores que podem influenciar as funções executivas: conhecimentos, crenças, atitudes, valores e preferências; - Anatomia relacionada às funções executivas: córtex pré-frontal; - Controle inibitório como fator fundamental para o sucesso em Matemática; - Exemplos de uso do controle inibitório em Matemática (supressão de heurísticas, de estratégias automáticas e incorretas e equívocos); - Uso do controle inibitório: suprimindo informações irrelevantes e enganosas em tarefas simbólicas e não simbólicas; - Uso do controle inibitório: suprimindo estratégias ineficientes ou incorretas.			

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Bibliográfica	Não se aplica	Não se aplica	Foram escolhidos estudos em que o controle inibitório foi o preditor e com habilidades matemáticas específicas como desfecho.
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	Os autores não explicitaram o método de análise utilizado para tratamento dos dados.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A29.1 – “[...] as a result, efforts have been made to intervene on one or more of these functions to improve mathematical skills” (p. 280). A29.1 (T) – “[...] como resultado, esforços têm sido feitos para intervir em uma ou mais dessas funções para melhorar as habilidades matemáticas” (p. 280). A29.2 – “[...] executive functions and academic skills are transactional in that they predict each other during formal schooling” (p. 280-281). A29.2 (T) – “[...] as funções executivas e as competências acadêmicas são transacionais na medida em que se predizem mutuamente durante a escolaridade formal” (p. 280-281). A29.3 – “[...] and that individual executive functions can be leveraged for success in the real world” (p. 281). A29.3 (T) – “[...] e que as funções executivas individuais podem ser aproveitadas para o sucesso no mundo real” (p. 281). A29.4 – “[...] behaviors reflect the real-time organization of a multicomponent, a multi-level system such that physiological, cognitive, emotional, and motor processes come together with the social and physical forces in the environment in the moment to drive goal-directed behavior” (p. 281) A29.4 (T) – “[...] os comportamentos refletem a organização em tempo real de um sistema multicomponente, de vários níveis, de modo que os processos fisiológicos, cognitivos, emocionais e motores se unam às forças sociais e físicas do ambiente no momento para impulsionar o comportamento direcionado a objetivos” (p. 281). A29.5 – “[...] thus, success in any task is predicated on related experiences. Perone <i>et al.</i> (2021) gave an example of factoring polynomials as a result of knowledge of common factors, step-by-step procedures, and simple arithmetic abilities” (p. 281). A29.5 (T) – “[...] assim, o sucesso em qualquer tarefa depende de experiências relacionadas. Perone <i>et al.</i> (2021) deu um exemplo de fatoração de polinômios como resultado do conhecimento de fatores comuns, procedimentos passo a passo e habilidades aritméticas simples” (p. 281). A29.6 – “[...] Research shows that inhibitory control is essential for early math” (p. 281). A29.6 (T) – “[...] a pesquisa mostra que o controle inibitório é essencial para a matemática inicial” (p. 281). A29.7 – “[...] inhibitory control is uniquely associated with math skills throughout elementary school” (p. 281-282) A29.7 (T) – “[...] o controle inibitório está exclusivamente associado às habilidades matemáticas durante o Ensino Fundamental” (p. 281-282).				

A29.8 – “[...] indeed, executive functions become more differentiated over time with inhibitory control more distinctly separable from working memory beginning around age 10” (p. 282).

A29.8 (T) – “[...] na verdade, as funções executivas tornam-se mais diferenciadas ao longo do tempo, com o controle inibitório mais distintamente separável da memória de trabalho a partir dos 10 anos de idade” (p. 282).

A29.9 – “[...] proposed that components of executive functions may directly predict mathematical skills and may vary in their associations with mathematical skills throughout development” (p. 282).

A29.9 (T) – “[...] propuseram que os componentes das funções executivas podem prever diretamente as habilidades matemáticas e podem variar em suas associações com as habilidades matemáticas ao longo do desenvolvimento” (p. 282).

A29.10 – “[...] with inhibitory control being associated with conceptual knowledge steadily throughout development and with procedural and factual knowledge changing throughout development” (p. 282).

A29.10 (T) – “[...] com o controle inibitório sendo associado ao conhecimento conceitual de forma constante ao longo do desenvolvimento e com o conhecimento processual e factual mudando ao longo do desenvolvimento” (p. 282).

A29.11 – “[...] one hypothesis regarding the relationship between executive function and mathematics is that executive functions support basic mathematical skills, which, in turn, support more advanced skills” (p. 283).

A29.11 (T) – “[...] uma hipótese sobre a relação entre função executiva e matemática é que as funções executivas apoiam competências matemáticas básicas, que, por sua vez, apoiam competências mais avançadas” (p. 283).

A29.12 – “[...] hypothesized that executive functions would be more highly correlated with skills that are complex and less likely to be automatized, such as word problems, which involve a combination of problem-solving, math operations, and reading skills, as opposed to skills that are more automatized, like number recognition and counting” (p. 283).

A29.12 (T) – “[...] levantaram a hipótese de que as funções executivas estariam mais altamente correlacionadas com habilidades complexas e menos propensas a serem automatizadas, como problemas com palavras, que envolvem uma combinação de resolução de problemas, operações matemáticas e habilidades de leitura, em oposição a habilidades mais automatizadas, como reconhecimento e contagem de números” (p. 283).

A29.13 – “[...] they found that inhibitory control remained significant throughout elementary school” (p. 283).

A29.13 (T) – “[...] eles descobriram que o controle inibitório permaneceu significativo durante todo o Ensino Fundamental” (p. 283).

A29.14 – “[...] and that inhibitory skills were independent of working memory in mathematics” (p. 283).

A29.14 (T) – “[...] e que as habilidades inibitórias eram independentes da memória de trabalho em matemática” (p. 283).

A29.15 – “[...] we outline three ways that individuals exercise inhibitory control: first, by suppressing irrelevant and misleading information in symbolic and non-symbolic tasks; second, by suppressing inefficient or incorrect strategies; third, when doing arithmetic and demonstrating foundational skills” (p. 283).

A29.15 (T) – “[...] descrevemos três maneiras pelas quais os indivíduos exercem o controle inibitório: primeiro, suprimindo informações irrelevantes e enganosas em tarefas simbólicas e não simbólicas; segundo, suprimindo estratégias ineficientes ou incorretas; terceiro, ao fazer aritmética e demonstrar habilidades fundamentais” (p. 283).

A29.16 – “[...] properties of fractions and rational numbers themselves may also interfere with processing. For instance, when comparing $\frac{1}{2}$ and $\frac{1}{3}$, participants may be tempted to select the latter in each comparison because it has the greater denominator” (p. 285).

A29.16 (T) – “[...] as propriedades das frações e dos próprios números racionais também podem interferir no processamento. Por exemplo, ao comparar $\frac{1}{2}$ e $\frac{1}{3}$, os participantes podem ficar tentados a selecionar o último em cada comparação porque tem o denominador maior” (p. 285).

A29.17 – “[...] to see whether 7th graders are inhibiting an incorrect strategy, namely a “greater number of digits, the greater the magnitude” strategy, when comparing decimals. In this paradigm, a trial consists of a prime (incongruent or neutral; e.g., 3.66 vs. 3.423 or 3.6 vs. 3.4, respectively) and a probe (congruent item; e.g., 3.665 vs. 3.42)” (p. 287).

A29.17 (T) – “[...] verificar se os alunos do 7º ano estão a inibir uma estratégia incorreta, nomeadamente uma estratégia “maior número de dígitos, maior a magnitude”, na comparação de decimais. Neste paradigma, uma tentativa consiste em um primo (incongruente ou neutro; por exemplo, 3,66 vs. 3,423 ou 3,6 vs. 3,4, respectivamente) e uma sonda (item congruente; por exemplo, 3,665 vs. 3,42)” (p. 287).

A29.18 – “[...] to show that inhibitory control is involved in mathematical skills, such as fraction comparison, non-symbolic comparison, arithmetic” (p. 287).

A29.18 (T) – “[...] mostrar que o controle inibitório está envolvido em habilidades matemáticas, como comparação de frações, comparação não simbólica, aritmética” (p. 287).

A29.19 – “[...] little is known about how inhibitory control relates to strategy use in whole number arithmetic” (p. 287).

A29.19 (T) – “[...] pouco se sabe sobre como o controle inibitório se relaciona com o uso de estratégias na aritmética de números inteiros” (p. 287).

A29.20 – “[...] inhibitory control is predictive of arithmetic skills” (p. 287).

A29.20 (T) – “[...] o controle inibitório é preditivo de habilidades aritméticas” (p. 287).

A29.21 – “[...] inhibitory control predicted their procedural knowledge or ability to perform arithmetic procedures” (p. 287).

A29.21 (T) – “[...] o controle inibitório previu seu conhecimento processual ou capacidade de realizar procedimentos aritméticos” (p. 287).

A29.22 – “[...] in summary, individuals use inhibitory control in mathematics, aiding individuals to suppress irrelevant features in mathematical tasks or to adopt appropriate strategies” (p. 287).

A29.22 (T) – “[...] em resumo, os indivíduos usam o controle inibitório em matemática, ajudando-os a suprimir características irrelevantes em tarefas matemáticas ou a adotar estratégias apropriadas” (p. 287).

A29.23 – “[...] the numerical Stroop task” (p. 288).

A29.23 (T) – “[...] a tarefa numérica de Stroop” (p. 288).

A29.24 – “[...] on the one hand, inhibitory control or any cognitive process is a domain-general construct that indicates or predicts performance in any domain, such as mathematics, with task complexity, task features, and the type of task, as moderators” (p. 288).

A29.24 (T) – “[...] por um lado, o controle inibitório ou qualquer processo cognitivo é um construto de domínio geral que indica ou prevê o desempenho em qualquer domínio, como matemática, com a complexidade da tarefa, as características da tarefa e o tipo de tarefa, como moderadores” (p. 288).

A29.25 – “[...] on the other hand, cognitive processes may have a more mechanistic, domain-specific role. For example, inhibitory control may account for how individuals use prior knowledge and strategy during a task” (p. 288).

A29.25 (T) – “[...] por outro lado, os processos cognitivos podem ter um papel mais mecanicista e específico de domínio. Por exemplo, o controle inibitório pode explicar como os indivíduos usam o conhecimento e a estratégia anteriores durante uma tarefa” (p. 288).

A29.26 – “[...] to recapitulate, the emerging perspectives assume that context is essential in examining underlying cognitive processes in any cognitive activity” (p. 288).

A29.26 (T) – “[...] para recapitular, as perspectivas emergentes assumem que o contexto é essencial no exame dos processos cognitivos subjacentes em qualquer atividade cognitiva” (p. 288).

A29.27 – “[...] Braithwaite *et al.* gave practical recommendations for mathematical learning in general, including that instructional designers and instructors attend to the problem sets and focus on facilitating and increasing the likelihood of children selecting appropriate strategies for specific problems” (p. 289).

A29.27 (T) – “[...] Braithwaite *et al.* deu recomendações práticas para a aprendizagem matemática em geral, incluindo que os designers instrucionais e os instrutores prestem atenção aos conjuntos de problemas e se concentrem em facilitar e aumentar a probabilidade de as crianças selecionarem estratégias apropriadas para problemas específicos” (p. 289).

Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática

Não foram extraídas unidades de sentido dessa seção do artigo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 50 – Ficha de leitura do artigo A30.

Quadro 56 – Ficha de leitura do artigo A30.

IDENTIFICAÇÃO			
Identificação do artigo		Referência completa	
A30		SULLIVAN, J. V. Learning and embodied cognition: a review and proposal. Psychology Learning and Teaching . Toledo (Estados Unidos), v. 17, n. 2, p. 128-143, 2018.	
DADOS DA PUBLICAÇÃO			
Título		Learning and embodied cognition: a review and proposal	
Autores		Jaclynn Sullivan	
Periódico		Psychology Learning and Teaching	
ISSN		Qualis (2017/2020)	Ano
1475-7257		NA	2018
Número		Volume	Intervalo de páginas
2		17	128-143
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO			
Questão de pesquisa		Objetivo da pesquisa	
Por que os alunos têm desempenho diferente, dados diferentes métodos de ensino?		Investigar pesquisas em métodos instrucionais e cognição incorporada, a fim de sugerir a ideia de que o movimento de um professor fornece informações ao aumentar os níveis de incorporação exógena.	
Palavras-chave do artigo			
Embodied cognition. Learning. Gestures. Physical action. Teaching.			
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO			
- Existem alguns métodos de ensino centrados no ser humano e outros, nas tecnologias; - Acredita-se que haja maior engajamento dos estudantes e qualidade em métodos centrados no ser humano; - Diferentes fatores podem melhorar a aprendizagem, dentre eles: aprendizagem ativa, aumento da concentração, gestos comunicativos e diminuição da carga cognitiva; - A utilização de pistas atencionais pode potencializar a atenção em um alvo; - Definição de Cognição Incorporada; - Os métodos de ensino podem possuir graus distintos de incorporação; - Definição e funções dos neurônios-espelho;			

• Sugere-se que a aprendizagem é diretamente proporcional à incorporação de um método; • Algumas características de métodos centrados no ser humano; • Apontamentos de algumas vantagens de métodos centrados no ser humano; • Importância dos gestos do professor para a aprendizagem de conceitos de Matemática; • Sugere-se a necessidade de estimulação visual para aprender; • Sugere-se que instruções realizadas por um professor são mais eficientes do que as instruções realizadas por uma tela de computador; • A cognição depende das capacidades sensório-motoras do corpo humano e que essas capacidades sensório-motoras estão incorporadas num contexto biológico, psicológico e cultural mais abrangente; • Sugere-se que o movimento auxilia a aquisição de conhecimento.				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Revisão de Literatura	Não se aplica	Não se aplica	Artigos escolhidos intencionalmente, relativos à temática de cognição incorporada.
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	O autor não especificou um método de análise específico para o tratamento dos dados.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A30.1 – “[...] the signaling principle of multimedia learning, including pointing or highlighting, states that learning is better when audio or visual cues direct students’ attention toward the most germane information” (p. 129). A30.1 (T) – “[...] o princípio de sinalização da aprendizagem multimídia, incluindo apontar ou destacar, afirma que a aprendizagem é melhor quando dicas audiovisuais direcionam a atenção dos alunos para as informações mais pertinentes” (p. 129). A30.2 – “[...] embodied cognition literature suggests that the physical actions we perform, as well as the actions being performed around us, shape our mental experience” (p. 129). A30.2 (T) – “[...] a literatura sobre cognição incorporada sugere que as ações físicas que realizamos, bem como as ações realizadas ao nosso redor, moldam nossa experiência mental” (p. 129). A30.3 – “[...] we argue that as instructor movement and use of representational gesture increases in a learning environment, embodiment increases, perhaps due to neural activity involved in imitation, and leads to improved student outcomes” (p. 129). A30.3 (T) – “[...] argumentamos que à medida que o movimento do instrutor e o uso de gestos representacionais aumentam em um ambiente de aprendizagem, a incorporação aumenta, talvez devido à atividade neural envolvida na imitação, e leva a melhores resultados dos alunos” (p. 129). A30.4 – “[...] suggest that the method of presentation directly and substantially influences students’ accumulation and retention of knowledge” (p. 129). A30.4 (T) – “[...] sugerem que o método de apresentação influencia direta e substancialmente o acúmulo e a retenção de conhecimento pelos alunos” (p. 129). A30.5 – “[...] this effect suggests that students need to experience some visual stimulation in order to actively learn” (p. 130). A30.5 (T) – “[...] este efeito sugere que os alunos precisam experimentar algum estímulo visual para aprender ativamente” (p. 130).				

A30.6 – “[...] when students watch the instructor write words on the board or gesture to explain math concepts, they orient toward that movement and therefore focus attentional resources on the information presented” (p. 130).

A30.6 (T) – “[...] quando os alunos observam o instrutor escrever palavras no quadro ou gestos para explicar conceitos matemáticos, eles se orientam para esse movimento e, portanto, concentram recursos de atenção nas informações apresentadas” (p. 130).

A30.7 – “[...] observers watching another person physically present diagrams had better memory than when the items were presented automatically on a screen” (p. 130).

A30.7 (T) – “[...] observadores observando diagramas de outra pessoa fisicamente presente tinham melhor memória do que quando os itens eram apresentados automaticamente em uma tela” (p. 130).

A30.8 – “[...] the fact that the gestures can help form more elaborative memories” (p. 130).

A30.8 (T) – “[...] o fato de que os gestos podem ajudar a formar memórias mais elaboradas” (p. 130).

A30.9 – “[...] when learning properties of centripetal force, students who learned in a “high-embodiment” situation where they swung an object overhead had better generative knowledge on a follow-up test one week after study than students in a “low-embodiment” situation where they merely clicked a mouse to spin the object” (p. 131).

A30.9 (T) – “[...] ao aprender as propriedades da força centrípeta, os alunos que aprenderam em uma situação de “alta incorporação”, onde balançavam um objeto acima da cabeça, tiveram melhor conhecimento generativo em um teste de acompanhamento uma semana após o estudo do que os alunos em uma situação de “baixa incorporação”, situação em que eles simplesmente clicaram no mouse para girar o objeto” (p. 131).

A30.10 – “[...] in this way, reading and watching someone gesture are also embodied activities, albeit at a low level” (p. 131).

A30.10 (T) – “[...] dessa forma, ler e observar alguém gesticular também são atividades incorporadas, ainda que em baixo nível” (p. 131).

A30.11 – “[...] lessons with gestures are shown to promote deeper reasoning, synthesis, and information retention than lessons that do not feature gestures” (p. 131).

A30.11 (T) – “[...] demonstra-se que aulas com gestos promovem raciocínio, síntese e retenção de informações mais profundos do que aulas que não apresentam gestos” (p. 131).

A30.12 – “[...] found that interactive course activities had a larger impact on student outcomes than doing course readings or watching videos” (p. 132).

A30.12 (T) – “[...] descobriram que as atividades interativas do curso tiveram um impacto maior nos resultados dos alunos do que fazer leituras do curso ou assistir a vídeos” (p. 132).

A30.13 – “[...] while the majority of students report enjoying PowerPoint, students who receive instruction through PowerPoint slides report an inability to focus and the tendency to be thinking about information other than the lecture content” (p. 132).

A30.13 (T) – “[...] embora a maioria dos alunos relate gostar do PowerPoint, os alunos que recebem instruções por meio de slides do PowerPoint relatam uma incapacidade de foco e a tendência de pensar em outras informações além do conteúdo da aula” (p. 132).

A30.14 – “[...] it is not the case that all courses using PowerPoint are detrimental to student outcomes, but there is evidence that when just PowerPoint presentations are used with no board work, compared to an integrated, human-centered approach, student learning suffers” (p. 132).

A30.14 (T) – “[...] não é verdade que todos os cursos que usam PowerPoint sejam prejudiciais aos resultados dos alunos, mas há evidências de que quando apenas apresentações em PowerPoint são usadas sem trabalho no

quadro, em comparação com uma abordagem integrada e centrada no ser humano, a aprendizagem dos alunos é prejudicada” (p. 132).

A30.15 – “[...] embodied, by their account, means that cognition depends on the sensorimotor capacities of the human body and these sensorimotor capacities are “embedded in a more encompassing biological, psychological, and cultural context” (p. 133).

A30.15 (T) – “[...] incorporado, segundo eles, significa que a cognição depende das capacidades sensório-motoras do corpo humano e essas capacidades sensório-motoras estão incorporadas em um contexto biológico, psicológico e cultural mais abrangente” (p. 133).

A30.16 – “[...] therefore, sensory and motor processes are one, inseparable entity in cognition and they are organism dependent” (p. 133).

A30.16 (T) – “[...] portanto, os processos sensoriais e motores são uma entidade inseparável na cognição e são dependentes do organismo” (p. 133).

A30.17 – “[...] cognition depends on the kinds of experiences that come from having a body with particular perceptual and motor capabilities that are inseparably linked and that together form the matrix within which reasoning, memory, emotion, language, and all other aspects of mental life are meshed” (p. 133).

A30.17 (T) – “[...] a cognição depende dos tipos de experiências que advêm de ter um corpo com capacidades perceptivas e motoras específicas que estão inseparavelmente ligadas e que juntas formam a matriz dentro da qual o raciocínio, a memória, a emoção, a linguagem e todos os outros aspectos da vida mental estão interligados” (p. 133).

A30.18 – “[...] as Clark (2008) suggests, embodied cognition intends to mark the shift from the body as housing for the brain to the body as the brain’s partner in cognition. The body determines what sensory information is necessary for a perceptual experience and structures that information. The brain and body work in tandem to produce cognition that would not result from one process alone” (p. 133).

A30.18 (T) – “[...] como sugere Clark (2008), a cognição incorporada pretende marcar a mudança do corpo como alojamento do cérebro para o corpo como parceiro do cérebro na cognição. O corpo determina quais informações sensoriais são necessárias para uma experiência perceptiva e estrutura essas informações. O cérebro e o corpo trabalham em conjunto para produzir cognição que não resultaria de um único processo” (p. 133).

A30.19 – “[...] since humans think in the context of their relationship with the environment, the level of embodiment a student experiences in an academic setting should heavily influence learning” (p. 133).

A30.19 (T) – “[...] uma vez que os humanos pensam no contexto da sua relação com o ambiente, o nível de incorporação que um aluno experimenta num ambiente acadêmico deve influenciar fortemente a aprendizagem” (p. 133).

A30.20 – “[...] learning is sometimes seen solely as a mental activity instead of an activity that recruits the mind and body” (p. 133).

A30.20 (T) – “[...] a aprendizagem às vezes é vista apenas como uma atividade mental, em vez de uma atividade que recruta a mente e o corpo” (p. 133).

A30.21 – “[...] words are not enough to spark mental development, as students depend on movement to develop cognitively” (p. 133-134).

A30.21 (T) – “[...] as palavras não são suficientes para estimular o desenvolvimento mental, pois os alunos dependem do movimento para se desenvolverem cognitivamente” (p. 133-134).

A30.22 – “[...] one such investigation by Alibali and Nathan (2012) found that mathematical concepts are embodied because of the gestures teachers and students use to explain these concepts” (p. 134).

A30.22 (T) – “[...] uma dessas investigações de Alibali e Nathan (2012) descobriu que os conceitos matemáticos são incorporados por causa dos gestos que professores e alunos usam para explicar esses conceitos” (p. 134).

A30.23 – “[...] despite the traditional view of learning as strictly mental, evidence like this suggests that the sensorimotor system is integrated with learning at many levels” (p. 134).

A30.23 (T) – “[...] apesar da visão tradicional da aprendizagem como estritamente mental, evidências como esta sugerem que o sistema sensorio-motor está integrado com a aprendizagem em muitos níveis” (p. 134).

A30.24 – “[...] for example, in Statistics and Research Methods in Psychology, instructors should provide opportunities for students to interact with data via manipulatives or by investing in technologies that capture body movement, such as emerging virtual reality technologies, when covering descriptive statistics, instead of creating a PowerPoint with the math already done step by step” (p. 134).

A30.24 (T) – “[...] por exemplo, em Estatística e Métodos de Pesquisa em Psicologia, os instrutores devem oferecer oportunidades para os alunos interagirem com dados por meio de dados manipulativos ou investindo em tecnologias que capturem o movimento corporal, como tecnologias emergentes de realidade virtual, ao cobrir estatísticas descritivas, em vez de criar um PowerPoint com a matemática já feita passo a passo” (p. 134).

A30.25 – “[...] empirical research about embodied cognition and learning primarily focuses on how increasing student motor involvement in a lesson increases student outcomes” (p. 134).

A30.25 (T) – “[...] a pesquisa empírica sobre cognição incorporada e aprendizagem concentra-se principalmente em como aumentar o envolvimento motor do aluno em uma aula e como isso aumenta os resultados dos alunos” (p. 134).

A30.26 – “[...] this activation of mirror neurons in the left premotor cortex may give students the feeling of familiarity with a word, and therefore help them remember it in a recognition task” (p. 135).

A30.26 (T) – “[...] esta ativação de neurônios-espelho no córtex pré-motor esquerdo pode dar aos alunos a sensação de familiaridade com uma palavra e, portanto, ajudá-los a lembrá-la em uma tarefa de reconhecimento” (p. 135).

A30.27 – “[...] suggested that familiar, or well-learned, action-perception associations have a substantial impact on cognitive processes such as memory” (p. 135).

A30.27 (T) – “[...] sugeriram que associações familiares ou bem aprendidas de percepção de ação têm um impacto substancial em processos cognitivos, como a memória” (p. 135).

A30.28 – “[...] therefore, language must be embodied in the sense that our understanding and use of words is acquired by awakening the feelings of our own experiences” (p. 137).

A30.28 (T) – “[...] portanto, a linguagem deve ser incorporada no sentido de que nossa compreensão e uso das palavras são adquiridos pelo despertar dos sentimentos de nossas próprias experiências” (p. 137).

A30.29 – “[...] the message we deliver to students often contains information that is not conveyed in our speech, but rather in our gestures” (p. 137).

A30.29 (T) – “[...] a mensagem que entregamos aos alunos muitas vezes contém informações que não são transmitidas na nossa fala, mas sim nos nossos gestos” (p. 137).

A30.30 – “[...] information from the gesture was incorporated into the mental model participants had of the speaker’s message” (p. 137).

A30.30 (T) – “[...] a informação do gesto foi incorporada ao modelo mental que os participantes tinham da mensagem do locutor” (p. 137).

A30.31 – “[...] the instructor’s movement is representative of the movement a student will likely need to make in the future and students who view these gestures can envision themselves performing them later. This idea has implications for education and the methods by which we teach students” (p. 138).

A30.31 (T) – “[...] o movimento do instrutor é representativo do movimento que um aluno provavelmente precisará fazer no futuro e os alunos que visualizam esses gestos podem imaginar-se realizando-os mais tarde. Esta ideia tem implicações para a educação e os métodos pelos quais ensinamos os alunos” (p. 138).

Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática

A30.32 – “[...] we suggest that as embodiment increases in teaching and learning, information retention increases for students, potentially due to the imitation effects typical of the mirror system hypothesis” (p. 138).

A30.32 (T) – “[...] sugerimos que à medida que a incorporação aumenta no ensino e na aprendizagem, a retenção de informações aumenta para os alunos, potencialmente devido aos efeitos de imitação típicos da hipótese do sistema de espelhos” (p. 138).

A30.33 – “[...] the gestures created by the professor represent bodily information that the student can later use to perform motor actions or use to enhance their overall recollection of materials” (p. 138).

A30.33 (T) – “[...] os gestos criados pelo professor representam informações corporais que o aluno pode utilizar posteriormente para realizar ações motoras ou para aprimorar sua lembrança geral de materiais” (p. 138).

A30.34 – “[...] while imitation is not always required in an embodied experience, in cases of learning from others’ movements, neural imitation effects may be important” (p. 138).

A30.34 (T) – “[...] embora a imitação nem sempre seja necessária numa experiência corporificada, em casos de aprendizagem a partir dos movimentos de outros, os efeitos de imitação neural podem ser importantes” (p. 138).

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 51 – Ficha de leitura do artigo A31.

Quadro 51 – Ficha de leitura do artigo A31.

IDENTIFICAÇÃO			
Identificação do artigo		Referência completa	
A31		AMARAN, M. S.; BAKAR, A. Y. A. We feel, therefore we memorize: understanding emotions in learning mathematics using neuroscience research perspectives. Universal Journal of Educational Research . Califórnia (Estados Unidos), v. 8, n. 11B, p. 5943-5950, 2020.	
DADOS DA PUBLICAÇÃO			
Título		We feel, therefore we memorize: understanding emotions in learning mathematics using neuroscience research perspectives	
Autores		Abu Yazid Abu Bakar e M. S. Amaran	
Periódico		Universal Journal of Educational Research	
ISSN		Qualis (2017/2020)	Ano
2332-3205		NA	2020
Número		Volume	Intervalo de páginas
11B		8	5943-5950
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO			
Questão de pesquisa		Objetivo da pesquisa	
O estudo não apresentou uma questão de pesquisa de forma evidente.		Utilizar perspectivas de pesquisa em Neurociências em sala de aula envolvendo a emoção dos alunos na aprendizagem da Matemática e sua relação com a memória.	
Palavras-chave do artigo			
Emotions. Memory. Mathematics. Neuroscience.			
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO			
Sugere-se que aprendizagens emocionalmente significativas podem potencializar a aquisição de conhecimentos matemáticos:			

- Sugere-se que os alunos aprendem melhor o componente curricular de Matemática quando sentem emoções positivas;
- Sugere-se que emoções positivas podem potencializar a memória;
- A Neurociência Educacional reúne diferentes áreas, tais como: Biologia, Neurociência Cognitiva e Educação;
- Aponta-se a necessidade de realizar pesquisas que envolvam Neurociência e Educação Matemática, a partir da proposição de diferentes questões e métodos de pesquisa;
- A emoção desempenha um papel importante no estímulo cognitivo, especialmente na memória, para aprender;
- As dificuldades dos estudantes para aprender Matemática podem estar associadas a questões emocionais;
- A rigidez excessiva de alguns professores pode despertar emoções negativas nos estudantes;
- Parece que alguns métodos de ensino podem fazer com que emoções negativas ganhem destaque;
- Métodos de ensino unilaterais e não interativos podem provocar emoções negativas nos estudantes;
- A percepção negativa que os estudantes possuem com relação à Matemática pode afastá-los do aprendizado;
- A emoção é um aspecto que deve receber atenção no processo de aprendizagem, em particular, da Matemática;
- Sugere-se haver algo relacionado ao cotidiano dos estudantes no planejamento do professor para incentivar a aprendizagem a partir de emoções positivas;
- Emoções: definição, aspectos anatômicos (amígdala e córtex pré-frontal) e fisiológicos;
- Alguns hormônios relacionados às emoções (positivas e negativas);
- Os professores carecem de conhecimentos neurocientíficos.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO

Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Mista	Exploratória	644 estudantes	Dois instrumentos avaliativos (emoções e memória).	Respostas dos participantes aos questionários e entrevistas.

ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS

Método de análise	Os autores não especificaram um método específico de análise dos dados.

Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática

A31.1 – “[...] emotionally significant experiences tend to be well remembered in learning Mathematics in the classroom” (p. 5943).

A31.1 (T) – “[...] experiências emocionalmente significativas tendem a ser bem lembradas na aprendizagem da Matemática em sala de aula” (p. 5943).

A31.2 – “[...] students who accurately identified positive emotions indicated they were more likely to learn Mathematics compared to negative emotions” (p. 5943).

A31.2 (T) – “[...] os alunos que identificaram com precisão as emoções positivas indicaram que eram mais propensos a aprender Matemática em comparação com as emoções negativas” (p. 5943).

A31.3 – “[...] and findings indicated a strong, positive correlation between positive emotions and memory” (p. 5943).

A31.3 (T) – “[...] e as descobertas indicaram uma correlação forte e positiva entre emoções positivas e memória” (p. 5943).

A31.4 – “[...] students who are more likely prefer positive emotions in learning could lead to better memory compared to negative emotions” (p. 5943).

A31.4 (T) – “[...] alunos com maior probabilidade de preferir emoções positivas na aprendizagem podem levar a uma melhor memória em comparação com emoções negativas” (p. 5943).

A31.5 – “[...] performance in Mathematics increased when teacher has embedded positive emotions through the use of humor in teaching, inspiring student with positive words and engaging student in classroom” (p. 5943).

A31.5 (T) – “[...] o desempenho em matemática aumentou quando o professor incorporou emoções positivas através do uso do humor no ensino, inspirando o aluno com palavras positivas e envolvendo o aluno na sala de aula” (p. 5943).

A31.6 – “[...] this study supports neuroscience research findings that positive emotions influence students' memory in learning mathematics” (p. 5943).

A31.6 (T) – “[...] este estudo apoia as descobertas da pesquisa em neurociência de que as emoções positivas influenciam a memória dos alunos na aprendizagem da matemática” (p. 5943).

A31.7 – “[...] this study provides insight for teachers to emphasize the importance of positive emotions in learning mathematics as well as reduce negative emotions” (p. 5943).

A31.7 (T) – “[...] este estudo fornece informações para os professores enfatizarem a importância das emoções positivas na aprendizagem da Matemática, bem como reduzirem as emoções negativas” (p. 5943)

A31.8 – “[...] requires a new approach to connect research and education with a two-way collaboration in which practitioners and researchers work together to formulate research questions and methods so that they can be connected to practice and policy” (p. 5943).

A31.8 (T) – “[...] requer uma nova abordagem para conectar pesquisa e educação com uma colaboração bidirecional em que profissionais e pesquisadores trabalhem juntos para formular questões e métodos de pesquisa para que possam ser conectados à prática e à política” (p. 5943).

A31.9 – “[...] this area of transdisciplinary research is able to understand how students learn, enhance their cognitive ability, affective and behavioural from biological, physiological as well as psychological perspectives” (p. 5943).

A31.9 (T) – “[...] esta área de investigação transdisciplinar é capaz de compreender como os alunos aprendem, potenciar a sua capacidade cognitiva, afetiva e comportamental desde perspectivas biológicas, fisiológicas e, também, psicológicas” (p. 5943).

A31.10 – “[...] emotion plays an important role in stimulating cognitive especially memory to learn” (p. 5944)

A31.10 (T) – “[...] a emoção desempenha um papel importante no estímulo cognitivo, especialmente na memória, para aprender” (p. 5944).

A31.11 – “[...] the reason is that emotions in learning can affect brain regions such as the prefrontal cortex which is important for thinking and reasoning as well as the hippocampus that plays important roles in consolidation of information memory” (p. 5944).

A31.11 (T) – “[...] razão é que as emoções na aprendizagem podem afetar regiões do cérebro, como o córtex pré-frontal, que é importante para o pensamento e o raciocínio, bem como o hipocampo, que desempenha papéis importantes na consolidação da memória de informação” (p. 5944).

A31.12 – “[...] past research shows that Mathematics achievement problem is closely related to students' emotion in learning” (p. 5944).

A31.12 (T) – “[...] pesquisas anteriores mostram que o problema de desempenho em matemática está intimamente relacionado à emoção dos alunos na aprendizagem” (p. 5944).

A31.13 – “[...] because they are afraid to face the teachers who are too strict and serious when delivering lesson” (p. 5944).

A31.13 (T) – “[...] porque têm medo de enfrentar os professores que são muito rígidos e sérios na hora de ministrar as aulas” (p. 5944).

A31.14 – “[...] more problems arise when some teachers use autocratic approach in teaching, making the students fear the learning” (p. 5944).

A31.14 (T) – “[...] mais problemas surgem quando alguns professores usam uma abordagem autocrática no ensino, fazendo com que os alunos temam o aprendizado” (p. 5944).

A31.15 – “[...] students who have a lot of negative emotions will have a hard time to remember new things they learn in the class” (p. 5944).

A31.15 (T) – “[...] os alunos que têm muitas emoções negativas terão dificuldade em lembrar das coisas novas que aprenderam na aula” (p. 5944).

A31.16 – “[...] uninteresting and boring teaching methods cause the students to become uninterested in learning Mathematics” (p. 5944).

A31.16 (T) – “[...] métodos de ensino desinteressantes e enfadonhos fazem com que os alunos percam o interesse em aprender Matemática” (p. 5944).

A31.17 – “[...] a teaching method that is not interactive and a one-way approach lead to students’ negative emotional problem” (p. 5944).

A31.17 (T) – “[...] um método de ensino que não é interativo e uma abordagem unilateral levam a problemas emocionais negativos dos alunos” (p. 5944).

A31.18 – “[...] in other words, students are not given the chance to express emotions and knowledge about Mathematics class because teacher focuses on delivering the learning content only” (p. 5944).

A31.8 (T) – “[...] em outras palavras, os alunos não têm a oportunidade de expressar emoções e conhecimentos sobre as aulas de Matemática porque o professor se concentra apenas em entregar o conteúdo de aprendizagem” (p. 5944).

A31.19 – “[...] students’ difficulty in memorizing theories, formulae, logical and facts relating numbers make them acquire a negative perception towards learning Mathematics” (p. 5944).

A31.19 (T) – “[...] a dificuldade dos alunos em memorizar teorias, fórmulas, lógicas e fatos relativos aos números faz com que adquiram uma percepção negativa em relação ao aprendizado da Matemática” (p. 5944).

A31.20 – “[...] abstract learning that does not account for students’ life environment into consideration affects working memory role to save information in long term and short-term memory” (p. 5944).

A31.20 (T) – “[...] a aprendizagem abstrata que não leva em consideração o ambiente de vida dos alunos afeta o papel da memória de trabalho para salvar informações na memória de longo e curto prazo” (p. 5944).

A31.21 – “[...] the reason is that students’ perception has direct relation with working memory for reasoning and solving Mathematics problems” (p. 5944).

A31.21 (T) – “[...] a razão é que a percepção dos alunos tem relação direta com a memória de trabalho para raciocínio e resolução de problemas de Matemática” (p. 5944).

A31.22 – “[...] from the discussion, emotion is the main aspect that should be given attention especially in teaching and learning process” (p. 5944).

A31.22 (T) – “[...] pela discussão, a emoção é o principal aspecto que deve receber atenção principalmente no processo de ensino e aprendizagem” (p. 5944).

A31.23 – “[...] the prefrontal cortex is the part of the brain that processes information for a high level of reasoning” (p. 5945).

A31.23 (T) – “[...] o córtex pré-frontal é a parte do cérebro que processa informações para um alto nível de raciocínio” (p. 5945).

A31.24 – “[...] stimulation of these hormones affects concentration, working memory and long-term memory. Hence, it can be understood that high negative emotion will produce Catecholamine” (p. 5945).

A31.24 (T) – “[...] a estimulação desses hormônios afeta a concentração, a memória de trabalho e a memória de longo prazo. Portanto, pode-se entender que emoções negativas elevadas produzirão catecolaminas” (p. 5945).

A31.25 – “[...] researchers show that learning environment has a relation with memory performance in learning Mathematics” (p. 5945).

A31.25 (T) – “[...] pesquisadores mostram que o ambiente de aprendizagem tem relação com o desempenho da memória na aprendizagem de Matemática” (p. 5945).

A31.26 – “[...] the reason is that most of the teachers are lacking in the neuroscience background or courses relating to neuroscience in education” (p. 5945).

A31.26 (T) – “[...] a razão é que a maioria dos professores carece de formação em neurociências ou de cursos relacionados às neurociências na educação” (p. 5945).

A31.27 – “[...] the research instrument used was a questionnaire to measure the emotions of Mathematic learners. The research instrument was adapted from Achievement Emotions Questionnaire (AEQ)” (p. 5945)

A31.27 (T) – “[...] o instrumento de pesquisa utilizado foi um questionário para medir as emoções dos alunos de Matemática. O instrumento de pesquisa foi adaptado do Achievement Emotions Questionnaire (AEQ)” (p. 5945)

A31.28 – “[...] Questionnaire of Memory (Q-MEM)” (p. 5945).

A31.28 (T) – “[...] Questionário de Memória (Q-MEM)” (p. 5945).

A31.29 – “[...] findings indicated strong, positive correlations between enjoyment, proud, and hope and students' memory in learning Mathematics” (p. 5947).

A31.29 (T) – “[...] os resultados indicaram correlações fortes e positivas entre prazer, orgulho e esperança e a memória dos alunos na aprendizagem de Matemática” (p. 5947).

A31.30 – “[...] findings indicated strong, negative correlations between anger, shame, anxiety and boredom with students' memory in learning Mathematics” (p. 5947)

A31.30 (T) – “[...] os resultados indicaram correlações fortes e negativas entre raiva, vergonha, ansiedade e tédio com a memória dos alunos na aprendizagem de Matemática” (p. 5947).

A31.31 – “[...] in other words, students with positive emotions tend to have an enhanced memory performance, while students with negative emotions tend to have a low memory performance in learning Mathematics” (p. 5947)

A31.31 (T) – “[...] ou seja, alunos com emoções positivas tendem a ter um desempenho de memória melhorado, enquanto alunos com emoções negativas tendem a ter um desempenho de memória baixo na aprendizagem de Matemática” (p. 5947).

A31.32 – “[...] in other words, a student who enjoys learning Mathematics influences their attention in teaching and learning process” (p. 5947).

A31.32 (T) – “[...] ou seja, um aluno que gosta de aprender Matemática influencia sua atenção no processo de ensino e aprendizagem” (p. 5947).

A31.33 – “[...] this can ignite proud feeling for their achievement because they manage to solve mathematical problems” (p. 5947).

A31.33 (T) – “[...] isso pode despertar um sentimento de orgulho por suas realizações, porque conseguem resolver problemas matemáticos” (p. 5947).

A31.34 – “[...] negative emotions could affect students' behavioural and psychological well-being because they are afraid of a dictating learning environment, panic to answer questions and shy to respond and engage in lessons” (p. 5947).

A31.34 (T) – “[...] emoções negativas podem afetar o bem-estar comportamental e psicológico dos alunos porque eles têm medo de um ambiente de aprendizagem ditador, pânico para responder perguntas e vergonha de responder e participar das aulas” (p. 5947).

A31.35 – “[...] these negative experiences will affect students' ability to solve mathematical problems as well as their memory performance” (p. 5947).

A31.35 (T) – “[...] essas experiências negativas afetarão a capacidade dos alunos de resolver problemas matemáticos, bem como o desempenho da memória” (p. 5947).

A31.36 – “[...] this is an effective method to attract students' attention and memorization during the teaching and learning process” (p. 5947).

A31.36 (T) – “[...] este é um método eficaz para atrair a atenção e a memorização dos alunos durante o processo de ensino e aprendizagem” (p. 5947).

A31.37 – “[...] therefore, those results strongly support the hypothesis that there is a correlation between positive emotion and memory in learning Mathematics” (p. 5947).

A31.37 (T) – “[...] portanto, esses resultados apoiam fortemente a hipótese de que existe uma correlação entre emoção positiva e memória na aprendizagem de Matemática” (p. 5947).

A31.38 – “[...] if the input is processed as more than the transient awareness, it passes along the neurons in the amygdala which is a structure used for emotional memory processing. If negative emotions have overloaded the amygdala, it will block the passage of the data from getting into the memory” (p. 5948).

A31.38 (T) – “[...] se a entrada for processada como algo mais do que uma consciência transitória, ela passa pelos neurônios da amígdala, que é uma estrutura usada para o processamento da memória emocional. Se as emoções negativas sobrecarregaram a amígdala, isso impedirá a passagem dos dados de entrar na memória” (p. 5948).

Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática

A31.39 – “[...] the positive emotional components which consist of enjoyment, proud and hope showed that there were significant, positive correlations between the components of positive emotions” (p. 5948).

A31.39 (T) – “[...] os componentes emocionais positivos que consistem em prazer, orgulho e esperança mostraram que houve correlações positivas significativas entre os componentes das emoções positivas” (p. 5948).

A31.40 – “[...] the findings also showed that students with high positive emotions have a positive relationship with learning memory” (p. 5948).

A31.40 (T) – “[...] as descobertas também mostraram que alunos com emoções positivas elevadas têm uma relação positiva com a memória de aprendizagem” (p. 5948).

A31.41 – “[...] in conclusion, this study emphasised that positive emotions when learning Mathematics are related to students' high levels of memory performance and negative emotions are related to students' low levels of memory performance” (p. 5948).

A31.41 (T) – “[...] concluindo, este estudo enfatizou que as emoções positivas ao aprender Matemática estão relacionadas aos altos níveis de desempenho de memória dos alunos e as emoções negativas estão relacionadas aos baixos níveis de desempenho de memória dos alunos” (p. 5948).

A31.42 – “[...] this understanding can encourage teachers to create an attractive environment that is compatible with the biological functioning of the students’ brain. Thus, a fun learning environment may reduce students’ negative emotions and could enhance their memory performance” (p. 5948).

A31.42 (T) – “[...] essa compreensão pode incentivar os professores a criar um ambiente atrativo e compatível com o funcionamento biológico do cérebro dos alunos. Assim, um ambiente de aprendizagem divertido pode reduzir as emoções negativas dos alunos e melhorar o desempenho da memória” (p. 5948).

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 52 – Ficha de leitura do artigo A32.

Quadro 32 – Ficha de leitura do artigo A32.

IDENTIFICAÇÃO			
Identificação do artigo		Referência completa	
A32		GRANT, J. G.; SIEGEL, L. S.; D’ANGIULLI, A. From schools to scans: a neuroeducational Approach to comorbid math and reading disabilities. Frontiers in Public Health . United Kingdom (Londres), v. 8, n. 1, p. 1-25, 2020.	
DADOS DA PUBLICAÇÃO			
Título		From schools to scans: a neuroeducational Approach to comorbid math and reading disabilities	
Autores		Jeremy Grant, Linda Siegel e Amedeo D’Angiulli	
Periódico		Frontiers in Public Health	
ISSN		Qualis (2017/2020)	Ano
2696-2565		A1	2020
Número		Volume	Intervalo de páginas
1		8	1-25
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO			
Questão de pesquisa		Objetivo da pesquisa	
Quais fatores biológicos e psicológicos que produzem pobres resultados acadêmicos observados em indivíduos com dificuldades de aprendizagem?		Delinear um modelo neuroeducacional de comorbidade dislexia-discalculia – uma estrutura para compreender a psicoeducação e características neuropsicológicas de indivíduos com comorbidade dificuldades de matemática e leitura que podem ser testadas quanto à validade em pesquisas futuras.	
Palavras-chave do artigo			
Reading and mathematical disability. Comorbidity. Dyslexia. Dyscalculia. Psychoeducational testing. Neuroimaging. Developmental learning disabilities.			
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO			
- As dificuldades de aprendizagem são foco importante de estudo da Neurociência e da Psicologia Educacional; - Definição de Dificuldades de Aprendizagem (foco na Dislexia e Discalculia); - Definição e caracterização de Avaliação Psicoeducacional; - Avaliações neuropsicológicas costumam ser mais aprofundadas que as psicoeducacionais; - Principais componentes de avaliações neuropsicológicas; - Definição e objetivo principal da Neuroeducação; - Dificuldades de aprendizagem em especial a Dislexia e Discalculia; - Características e sintomas da Dislexia; - Teorias relacionadas ao déficit de leitura; - Anatomia relacionada à leitura e escrita; - Características e sintomas da Discalculia;			

Anatomia relacionada à Matemática.				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Mista	Não evidenciado	585 participantes com idades entre 7 e 77 anos.	Diferentes testes neuropsicológicos.	Resultados dos testes.
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	Os autores não especificaram um método de análise. Entretanto, os dados foram tratados de maneira estatística.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A32.1 – “[...] they are more fine-tuned to examine specific cognitive deficits (such a phonological processing deficits) that underlie learning disabilities” (p. 2) A32.1 (T) – “[...] eles [os exames neuropsicológicos] são mais afinados para examinar déficits cognitivos específicos (como déficits de processamento fonológico) que estão por trás das dificuldades de aprendizagem” (p. 2). A32.2 – “[...] in addition, specific training to improve phonological processing leads to significant improvements in reading ability” (p. 3). A32.2 (T) – “[...] além disso, o treinamento específico para melhorar o processamento fonológico leva a melhorias significativas na capacidade de leitura” (p. 3). A32.3 – “[...] the most popular view of mathematical cognition, and consequently of math disabilities [i.e., Triple Code Model], entail that all development of symbolic number skills derive (through alternative format re-coding), and are ultimately grounded on the innate endowed ability of “number sense” (p. 4). A32.3 (T) – “[...] a visão mais popular da cognição matemática e, conseqüentemente, das deficiências matemáticas [isto é, Modelo de Código Triplo], implicam que todo o desenvolvimento de habilidades numéricas simbólicas deriva (por meio de recodificação de formato alternativo) e é, em última análise, baseado na habilidade inata dotada de senso numérico” (p. 4). A32.4 – “[...] an individual would estimate the place any number or quantity on the number line and perform operations using their approximation of the number—a cognitive function known as numerical magnitude processing or the approximate number system (ANS)” (p. 4). A32.4 (T) – “[...] um indivíduo estimaria a posição de qualquer número ou quantidade na reta numérica e realizaria operações usando sua aproximação do número - uma função cognitiva conhecida como processamento de magnitude numérica ou sistema de número aproximado (ANS)” (p. 4). A32.5 – “[...] individuals with dyscalculia often perform poorly on neuropsychological tests of visuospatial ability” (p. 4). A32.5 (T) – “[...] indivíduos com discalculia geralmente apresentam desempenho ruim em testes neuropsicológicos de capacidade visuoespacial” (p. 4). A32.6 – “[...] brain recruits a wide variety of interconnected regions during mathematical tasks, including prefrontal, posterior parietal, occipito-temporal, and hippocampal áreas” (p. 5). A32.6 (T) – “[...] o cérebro recruta uma ampla variedade de regiões interconectadas durante tarefas matemáticas, incluindo áreas pré-frontal, parietal posterior, occipito-temporal e hipocampal” (p. 5). A32.7 – “[...] neuroimaging studies on individuals with dyscalculia have identified two parietal regions associated with the manipulation of numerical quantities: the bilateral intraparietal sulci and the left angular gyrus” (p. 5).				

A32.7 (T) – “[...] estudos de neuroimagem em indivíduos com discalculia identificaram duas regiões parietais associadas à manipulação de quantidades numéricas: os sulcos intraparietais bilaterais e o giro angular esquerdo” (p. 5).

A32.8 – “[...] multiple functional neuroimaging studies have shown that the right and left intraparietal sulci become activated during calculation tasks that involve numerical magnitude processing” (p. 5).

A32.8 (T) – “[...] vários estudos de neuroimagem funcional mostraram que os sulcos intraparietais direito e esquerdo são ativados durante tarefas de cálculo que envolvem processamento de magnitude numérica” (p. 5).

A32.9 – “[...] in contrast, the angular gyrus becomes activated during the retrieval of arithmetic facts from long-term memory, such as when finding the solutions to simple multiplications” (p. 5).

A32.9 (T) – “[...] em contraste, o giro angular é ativado durante a recuperação de fatos aritméticos da memória de longo prazo, como ao encontrar soluções para multiplicações simples” (p. 5).

A32.10 – “[...] compared to age-matched controls, children with dyscalculia exhibit reduced activation at the right intraparietal sulcus when performing non-symbolic numerical comparison tasks” (p. 5)

A32.10 (T) – “[...] em comparação com controles da mesma idade, crianças com discalculia apresentam ativação reduzida no sulco intraparietal direito ao realizar tarefas de comparação numérica não simbólica” (p. 5).

A32.11 – “[...] whereas number sense and visuospatial working memory were associated with mathematical performance” (p. 6)

A32.11 (T) – “[...] enquanto o sentido numérico e a memória de trabalho visuoespacial foram associados ao desempenho matemático” (p. 6).

A32.12 – “[...] however, phonological awareness was also predictive of mathematical performance, suggesting that a shared deficit in phonological processing may underlie both RD and MD” (p. 6)

A32.12 (T) – “[...] No entanto, a consciência fonológica também foi preditiva do desempenho matemático, sugerindo que um déficit partilhado no processamento fonológico pode estar subjacente tanto a RD (dificuldade de leitura) como a MD (dificuldade em matemática)” (p. 6).

A32.13 – “[...] on the three phonological tests, the RD and the MDRD participants both had lower performance scores than the TA participants, exhibiting a considerable and specific deficit in phonological processing” (p. 15).

A32.13 (T) – “[...] nas três provas fonológicas, os participantes RD (dificuldade de leitura) e MDRD (dificuldade de matemática e leitura) tiveram ambos escores de desempenho inferiores aos participantes TA, exibindo um déficit considerável e específico no processamento fonológico” (p. 15).

A32.14 – “[...] it has been shown for several decades that individuals with reading disabilities alone or comorbid reading and-math disabilities consistently exhibit deficits in phonological processing, frequently making mistakes in applying phoneme grapheme correspondence rule” (p. 15).

A32.14 (T) – “[...] tem sido demonstrado há várias décadas que indivíduos com dificuldades de leitura isoladas ou comorbidades com deficiências de leitura e matemática exibem consistentemente déficits no processamento fonológico, cometendo frequentemente erros na aplicação da regra de correspondência fonema-grafema” (p. 15).

A32.15 – “[...] in our study individuals with reading disabilities showed significant deficits on tests of quantitative reasoning” (p. 15).

A32.15 (T) – “[...] em nosso estudo, indivíduos com dificuldades de leitura apresentaram déficits significativos em testes de raciocínio quantitativo” (p. 15).

A32.16 – “[...] our findings clearly show all three learning disability groups demonstrated challenges in successfully solving the written word problems included in the KeyMath-ID” (p. 16).

A32.16 (T) – “[...] nossas descobertas mostram claramente que todos os três grupos de dificuldades de aprendizagem demonstraram desafios na resolução bem-sucedida dos problemas de palavras escritas incluídos no KeyMath-ID” (p. 16).

A32.17 – “[...] suggesting that individuals with mathematical disabilities experience a pervasive deficit in visuospatial reasoning” (p. 16).

A32.17 (T) – “[...] sugerindo que indivíduos com deficiência matemática experimentam um déficit generalizado no raciocínio visuoespacial” (p. 16).

A32.18 – “[...] particularly, neuroimaging studies using the Corsi Blocks task (a test of visuospatial pattern recognition) reported a strong correlation between deficits in visuospatial ability and math disability” (p. 16).

A32.18 (T) – “[...] particularmente, estudos de neuroimagem usando a tarefa Corsi Blocks (um teste de reconhecimento de padrões visuoespaciais) relataram uma forte correlação entre déficits na habilidade visuoespacial e deficiência matemática” (p. 16).

A32.19 – “[...] it has been proposed that reading-disabled individuals may compensate for deficits in phonological processing by relying on visuospatial reasoning to learn, recognize, and articulate words” (p. 16)

A32.19 (T) – “[...] foi proposto que indivíduos com deficiência de leitura podem compensar os déficits no processamento fonológico confiando no raciocínio visuoespacial para aprender, reconhecer e articular palavras” (p. 16).

A32.20 – “[...] these results suggest that individuals with math disabilities or reading disabilities alone present a specific, persistent impairment to their verbal working memory system, and that this impairment is even more pronounced in individuals with comorbid math and reading disabilities in a manner that is both statistically and clinically significant” (p. 17).

A32.20 (T) – “[...] esses resultados sugerem que indivíduos com deficiências matemáticas ou de leitura isoladamente apresentam um comprometimento específico e persistente em seu sistema de memória operacional verbal, e que esse comprometimento é ainda mais pronunciado em indivíduos com comorbidades com deficiências matemáticas e de leitura, de uma maneira que é estatística e clinicamente significativo” (p. 17).

A32.21 – “[...] the verbal working memory deficit reported in the RD and MDRD groups was consistent with evidence from previous studies; individuals with reading disabilities consistently demonstrate impaired working memory” (p. 17).

A32.21 (T) – “[...] o déficit de memória operacional verbal relatado nos grupos RD e MDRD foi consistente com evidências de estudos anteriores; indivíduos com dificuldades de leitura demonstram consistentemente memória de trabalho prejudicada” (p. 17).

A32.22 – “[...] in some studies, individuals with math disabilities exhibit deficits in working memory only when performing tasks that assess working memory and visuospatial reasoning simultaneous” (p. 17).

A32.22 (T) – “[...] em alguns estudos, indivíduos com deficiência matemática apresentam déficits na memória de trabalho apenas quando realizam tarefas que avaliam simultaneamente a memória de trabalho e o raciocínio visuoespacial” (p. 17).

A32.23 – “[...] while it is unlikely that a deficit in working memory is the mechanism that underlies all forms of impaired numerical magnitude processing, again, the current results show that such is the case in linguistically-mediated math disability, since two separate, independent impairments to numerical cognition and reading ability contribute to a persistent, severe working memory deficit unique to individuals with comorbid math and reading disabilities” (p. 17).

A32.23 (T) – “[...] embora seja improvável que um déficit na memória de trabalho seja o mecanismo subjacente a todas as formas de processamento de magnitude numérica deficiente, mais uma vez, os resultados atuais

mostram que tal é o caso da deficiência matemática mediada linguisticamente, uma vez que duas deficiências separadas e independentes à cognição numérica e à capacidade de leitura contribuem para um déficit grave e persistente de memória de trabalho, exclusivo de indivíduos com comorbidades em matemática e dificuldades de leitura” (p. 17).

A32.24 – “[...] suggests that the left angular gyrus may be the key neurological structure that mediates the cognitive deficits uniquely expressed in both math and reading disabilities in both children and adults” (p. 17).

A32.24 (T) – “[...] sugere que o giro angular esquerdo pode ser a estrutura neurológica chave que medeia os défices cognitivos expressos exclusivamente nas dificuldades de matemática e de leitura em crianças e adultos” (p. 17).

A32.25 – “[...] the right intraparietal sulcus is associated with greater activation for processing inexact quantities for calculations involving the approximate number system, while the left angular gyrus and left intraparietal sulcus are involved in retrieving exact quantities for calculations that require a single exact solution” (p. 19).

A32.25 (T) – “[...] o sulco intraparietal direito está associado a maior ativação para processamento de quantidades inexatas para cálculos envolvendo o sistema numérico aproximado, enquanto o giro angular esquerdo e o sulco intraparietal esquerdo estão envolvidos na recuperação de quantidades exatas para cálculos que requerem uma única solução exata” (p. 19).

A32.26 – “[...] according to Baddeley’s model of Working Memory, a subcomponent of working memory called the phonological loop facilitates the short-term storage encoding verbal information into long-term memory” (p. 19).

A32.26 (T) – “[...] de acordo com o modelo de memória de trabalho de Baddeley, um subcomponente da memória de trabalho denominado laço fonológico facilita o armazenamento de curto prazo, codificando informações verbais na memória de longo prazo” (p. 19).

A32.27 – “[...] a possible explanation is that a pervasive deficit to the verbal working memory system (specifically the phonological loop subcomponent in Baddeley’s model) impairs both the short-term storage of basic verbal information and the retrieval of semantic information from long-term storage” (p. 19).

A32.27 (T) – “[...] uma possível explicação é que um déficit generalizado no sistema de memória de trabalho verbal (especificamente o subcomponente do laço fonológico no modelo de Baddeley) prejudica tanto o armazenamento de curto prazo de informações verbais básicas quanto a recuperação de informações semânticas do armazenamento de longo prazo” (p. 19).

Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática

A32.28 – “[...] converging evidence from neuroimaging and psychoeducational research suggests that impaired phonological, numerical, semantic, and working memory processes may be related to dysfunction of the left angular gyrus in individuals with dyslexia and individuals with dyscalculia” (p. 19).

A32.28 (T) – “[...] evidências convergentes de pesquisas em neuroimagem e psicoeducacional sugerem que os processos fonológicos, numéricos, semânticos e de memória de trabalho prejudicados podem estar relacionados à disfunção do giro angular esquerdo em indivíduos com dislexia e indivíduos com discalculia” (p. 19).

A32.29 – “[...] similarly, individuals with dyscalculia exhibit atypical hypoactivation of the bilateral intraparietal sulci when performing numerical magnitude processing tasks, akin to the psychoeducational tests used to assess the function of the approximate number system in individuals with mathematical disabilities” (p. 19).

A32.29 (T) – “[...] da mesma forma, indivíduos com discalculia apresentam hipoativação atípica dos sulcos intraparietais bilaterais ao realizar tarefas de processamento de magnitude numérica, semelhante aos testes psicoeducacionais usados para avaliar a função do sistema numérico aproximado em indivíduos com deficiência matemática” (p. 19).

A32.30 – “[...] individuals with dyscalculia exhibit atypical hyperactivation at the left angular gyrus when retrieving arithmetic facts, presenting similar difficulties as individuals with math disabilities when performing psychoeducational tests that assess basic math fluency” (p. 19). A32.30 (T) – “[...] indivíduos com discalculia apresentam hiperativação atípica no giro angular esquerdo ao recuperar fatos aritméticos, apresentando dificuldades semelhantes às de indivíduos com deficiência matemática ao realizar testes psicoeducacionais que avaliam a fluência matemática básica” (p. 19). A32.31 – “[...] suggests its role is to specifically associating language with other types of information and could be regarded as a language processing marginal area participating in an extended Wernicke’s Area or Wernicke’s System” (p. 19). A32.31 (T) – “[...] sugere que seu papel é associar especificamente a linguagem a outros tipos de informação e poderia ser considerada como uma área marginal de processamento de linguagem participando de uma Área de Wernicke estendida ou Sistema de Wernicke” (p. 19).

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 53 – Ficha de leitura do artigo A33.

IDENTIFICAÇÃO			
Identificação do artigo		Referência completa	
A33		MUTLU, Y.; AKGÜN, L. Using computer for developing arithmetical skills of students with mathematics learning difficulties. International Journal of Research in Education and Science . Leiden (Países Baixos), v. 5, n. 1, p. 237-251, 2019.	
DADOS DA PUBLICAÇÃO			
Título		Using computer for developing arithmetical skills of students with mathematics learning difficulties	
Autores		Yilmaz Mutlu e Levent Akgün	
Periódico		International Journal of Research in Education and Science	
ISSN		Qualis (2017/2020)	Ano
2148-9955		A3	2019
Número		Volume	Intervalo de páginas
1		5	237-251
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO			
Questão de pesquisa		Objetivo da pesquisa	
Quais os efeitos do uso do computador no desenvolvimento de habilidades aritméticas de alunos do 3º ano com dificuldade de aprendizagem matemática?		Investigar os efeitos do uso do computador no desenvolvimento de habilidades aritméticas de alunos com dificuldade de aprendizagem de matemática (DML).	
Palavras-chave do artigo			
Dyscalculia. Computer assisted. Instruction materials. Educational neuroscience. Arithmetical skills. Mathematical cognition.			
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO			
- Definições de Discalculia; “Sinônimos” de Discalculia; - Diferenças entre dificuldade e transtorno; “Sintomas” e “características” das dificuldades de aprendizagem em Matemática; - Algumas estratégias de cálculo utilizadas por alunos com dificuldades; - Necessidade de estratégias individualizadas; - Exemplos de estudos cerebrais que foram realizados para a aprendizagem de Matemática (habilidades com números aproximados, habilidades com números exatos, cálculo mental, modelo do código triplo, efeito distância e efeito tamanho, desorientação numérica, intervenção assistida por computador.			

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Mista	Exploratória	Três estudantes de escolas primárias da Turquia	Pré-testes e pós-testes sobre contagem, valor posicional e adição (computadorizados), elaborados a partir de fundamentos neurocientíficos.	Pré-testes e pós-testes aplicados com os participantes da pesquisa.
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	Os autores não explicitaram o método de análise utilizado para tratamento dos dados.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A33.1 – “[...] it can be stated that computer assisted instruction used in this study developed students’ arithmetical skills and increased their speed” (p. 237). A33.1 (T) – “[...] pode-se afirmar que o ensino assistido por computador utilizado neste estudo desenvolveu as habilidades aritméticas dos alunos e aumentou sua velocidade” (p. 237). A33.2 – “[...] triple code and the models which help reduce the workload of working memory are advised to be used in the instruction of the students having MLD” (p. 237). A33.2 (T) – “[...] o código triplo e os modelos que ajudam a reduzir a carga de trabalho da memória de trabalho são aconselhados a serem utilizados na instrução dos alunos com dificuldades de aprendizagem Matemática” (p. 237) A33.3 – “[...] these representations are called analogue or magnitude code, verbal code, and symbolic code” (p. 238). A33.3 (T) – “[...] essas representações são chamadas de código analógico ou de magnitude, código verbal e código simbólico” (p. 238). A33.4 – “[...] the findings point out that models including working memory problems should be used in training of students with MLD” (p. 239). A33.4 (T) – “[...] os resultados apontam que modelos incluindo problemas de memória de trabalho devem ser usados no treinamento de alunos com dificuldades de aprendizagem de matemática” (p. 239) A33.5 – “[...] for example, while a student is able to solve “4+3=7” operation, they cannot retrieve the answer when the question is “3+4” or when a student is asked to compare the numbers 34 and 43, the student might say that both numbers are the same” (p. 239). A33.5 (T) – “[...] por exemplo, embora um aluno seja capaz de resolver a operação “4+3=7”, ele não consegue recuperar a resposta quando a pergunta é “3+4” ou quando um aluno é solicitado a comparar os números 34 e 43, o aluno poderia dizer que ambos os números são iguais” (p. 239). A33.6 – “[...] in mathematics education, materials used for teaching of concepts which are difficult to learn are very important” (p. 239). A33.6 (T) – “[...] na educação matemática, os materiais utilizados para o ensino de conceitos difíceis de aprender são muito importantes” (p. 239). A33.7 – “[...] teaching abstract concepts without using teaching materials to students makes it difficult to understand the concepts and connections between the concepts” (p. 239).				

A33.7 (T) – “[...] ensinar conceitos abstratos sem usar materiais didáticos aos alunos dificulta a compreensão dos conceitos e as conexões entre os conceitos” (p. 239).

A33.8 – “[...] it is possible to explain and stimulate most of these concepts with computer technologies” (p. 239).

A33.8 (T) – “[...] é possível explicar e estimular a maioria desses conceitos com tecnologias computacionais” (p. 239).

A33.9 – “[...] while developing the material, such neuroscientific findings as triple coding, approximate number skill, exact number skill, distance effect, distance/ size effect, and working memory were benefited from” (p. 241).

A33.9 (T) – “[...] durante o desenvolvimento do material, foram beneficiadas descobertas neurocientíficas como codificação tripla, habilidade com números aproximados, habilidade com números exatos, efeito de distância, efeito de distância/tamanho e memória de trabalho” (p. 241).

A33.10 – “[...] it is found that there was a significant difference between the response times and the response time of the post-test (9 min.) decreased considerably when compared to the pre-test response time (13 min)” (p. 242).

A33.10 (T) – “[...] verifica-se que houve diferença significativa entre os tempos de resposta e o tempo de resposta do pós-teste (9 min.) diminuiu consideravelmente quando comparado ao tempo de resposta do pré-teste (13 min)” (p. 242).

A33.11 – “[...] it is found that there was a significant difference between the response times and the response time of the post-test (9 min.) decreased considerably when compared to the pre-test response time (15 min)” (p. 243).

A33.11 (T) – “[...] verifica-se que houve diferença significativa entre os tempos de resposta e o tempo de resposta do pós-teste (9 min.) diminuiu consideravelmente quando comparado ao tempo de resposta do pré-teste (15 min)” (p. 243).

A33.12 – “[...] computer assisted instruction used in the 1st and 4th sessions of counting skills developed M1’s counting skills and also increased his speed” (p. 243).

A33.12 (T) – “[...] a instrução assistida por computador usada na 1ª e 4ª sessões de habilidades de contagem desenvolveu as habilidades de contagem de M1 e também aumentou sua velocidade” (p. 243).

Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática

A33.13 – “[...] the findings obtained from the study indicate that individual CAI had a positive effect on counting skills of students with MLD, they made progress in understanding the concepts of units and tens place values and the students could perform addition at the 1st grade level” (p. 248).

A33.13 (T) – “[...] os resultados obtidos no estudo indicam que o CAI individual teve um efeito positivo nas habilidades de contagem dos alunos com MLD, eles progrediram na compreensão dos conceitos de unidades e dezenas de valores posicionais e os alunos conseguiram realizar adição no nível da 1ª série” (p. 248).

A33.14 – “[...] the findings reveal that there was a considerable increase with students’ problem solving speed” (p. 248).

A33.14 (T) – “[...] as descobertas revelam que houve um aumento considerável na velocidade de resolução de problemas dos alunos” (p. 248).

A33.15 – “[...] however, it reveals that the emergence of this effect will be possible with individualized curriculum for each student and teacher interaction” (p. 248).

A33.15 (T) – “[...] porém, revela que o surgimento desse efeito será possível com currículo individualizado para cada interação entre aluno e professor” (p. 248).

A33.16 – “[...] within the framework of the findings obtained in the study, neuroscientific findings, especially triple coding must be considered while designing and developing activities for computer assisted instruction for the arithmetic skills development of students with MLD” (p. 248).

A33.16 (T) – “[...] no âmbito das descobertas obtidas no estudo, as descobertas neurocientíficas, especialmente a codificação tripla, devem ser consideradas ao projetar e desenvolver atividades de instrução assistida por computador para o desenvolvimento de habilidades aritméticas de alunos com MLD” (p. 248).

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 54 – Ficha de leitura do artigo A34.

Quadro 34 – Ficha de leitura do artigo A34.

IDENTIFICAÇÃO				
Identificação do artigo		Referência completa		
A34		SILVA, L. P.; FONSECA, L. S. Analysis of Math textbooks in relation to task arrangement in the light of attention as a neurocognitive mechanism. <i>Acta Scientiae</i> . Canoas (Brasil), v. 21, n. 4, p. 160-173, jul./ago., 2019.		
DADOS DA PUBLICAÇÃO				
Título		Analysis of Math textbooks in relation to task arrangement in the light of attention as a neurocognitive mechanism.		
Autores		Luciano Pontes da Silva e Laerte Silva da Fonseca		
Periódico		Acta Scientiae		
ISSN		Qualis (2017/2020)		Ano
2178-7727		A2		2019
Número		Volume		Intervalo de páginas
4		21		160-173
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO				
Questão de pesquisa			Objetivo da pesquisa	
Os autores não apresentaram uma questão de pesquisa de forma direta no decorrer do estudo.			Analisar as tarefas sobre funções trigonométricas apresentadas em três livros aprovados nos últimos três PNLD (2009 a 2017) quanto aos Níveis de Transferência de Atenção segundo Sternberg (2010).	
Palavras-chave do artigo				
Livro didático. Atenção. Trigonometria. Neurociência cognitiva. Psicologia cognitiva.				
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO				
• Livro didático no processo de ensino e aprendizagem (importância, características, finalidades); • Classificação dos tipos de tarefas encontradas em livros didáticos (reconhecimento - TR, algoritmo - TA, padrão simples - TPS e composto - TPC, processo ou heurístico - TH, aplicação - TAP e quebra-cabeça - TQC); • Abordagem sobre livros didáticos em documentos oficiais (PNLD, PCN's); • Atenção como função neurocognitiva (definição, finalidades, teorias atencionais, tipos de processamento atencional, relação entre atenção e memória, etapas do processo atencional, classificações da atenção sob diferentes critérios, anatomia).				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Não explicitado pelos autores	Documental	Não se aplica	Tabelas elaboradas pelos próprios autores.	Capítulos referentes às funções trigonométricas de três livros didáticos distintos.

ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS	
Método de análise	Os autores não explicitaram o método de análise utilizado para tratamento dos dados
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática	
A34.1 – “[...] essa condição (de neuroplasticidade) é explicitada por meio das condições de estímulos e interações com o meio externo” (p. 165). A34.2 – “[...] atenção quando acentuada se mostra um processo fundamental na recordação, que é imprescindível para a aprendizagem” (p. 166). A34.3 – “[...] A melhor idealização de resolução de determinada tarefa, nesse sentido, seria transformar os processos controlados em automáticos, ou passar de um nível alto de AS (atenção sustentada) para a para um nível alto de AD (atenção dividida) pensando nas resoluções de tarefas matemáticas, pois haveria menor gasto de energia” (p. 168). A34.4 – “[...] NTA1: A passagem de AS para AD é rápida, pois são apenas aplicações diretas dos conceitos (tarefas tipo TR, TA, TPS-TPC)” (p. 168). A34.5 – “[...] NTA2: A passagem de AS para AD é mais lenta do que o nível anterior, pois não envolve diretamente a operação em seu enunciado, exigindo uma estratégia e pesquisas (tarefas tipo TH e TAP)” (p. 168). A34.6 – “[...] NTA3: A passagem de AS para AD é muito lenta, pois essas tarefas exigem criatividade e expertise fora dos conteúdos (tarefas tipo TQC)” (p. 168). A34.7 – “[...] no desenvolvimento das competências e habilidades que o aluno deve desenvolver, não apenas responder questões TR e TA, que são mecânicas e fáceis de serem automatizadas (passar de AS para AD)” (p. 172).	
Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática	
A34.8 – “[...] O que se deve ter em mente é a variação dos estímulos para captação da atenção, pois dentro das outras duas fases (Transmissão de Sinais e Busca) segundo Sternberg (2010) que por conta do espaço, foram ignoradas, apresenta-se um leque de estudos para a apresentação das tarefas no livro e essas funções cognitivas” (p. 172).	

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 55 – Ficha de leitura do artigo A35.

IDENTIFICAÇÃO		
Identificação do artigo	Referência completa	
A35	JAEGGI, S. M.; SHAH, P. Neuroscience, learning, and educational practice – challenges, promises, and applications. AERA Open . Washington (Estados Unidos), v. 4; n. 1, p. 1-5, 2018.	
DADOS DA PUBLICAÇÃO		
Título	Neuroscience, learning, and educational practice – challenges, promises, and applications	
Autores	Susanne Jaeggi e Priti Shah	
Periódico	Aera Open	
ISSN	Qualis (2017/2020)	Ano
2332-8584	NA	2018
Número	Volume	Intervalo de páginas
1	4	1-5
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO		
Questão de pesquisa		Objetivo da pesquisa

As autoras não explicitaram uma questão de pesquisa no estudo.		Apontar possibilidades de aplicação da Neurociência na Educação Matemática.		
Palavras-chave do artigo				
Cognitive processes/development. Experimental research. Mathematics education. Motivation. Neuroscience. Reading; Special education.				
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO				
- Até o momento, parece que os estudos neurocientíficos tiveram pouco impacto na educação e na pesquisa educacional; - Diferentes frentes nas quais a Neurociência pode contribuir na Educação (auxiliar na elaboração de modelos mais profundos de aprendizado; avançar na compreensão de déficits e transtornos matemáticos; avaliar a eficiência de determinada intervenção educacional; identificar, precocemente, dificuldades de aprendizagem; estabelecer relações entre funções executivas e habilidades matemáticas; identificar como jogos eletrônicos podem interferir em processos atencionais e, consequentemente, na aprendizagem de Matemática, estabelecer fatores biológicos, emocionais, contextuais e sociais na aprendizagem de Matemática).				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Bibliográfica	Não se aplica	Não se aplica	Cinco artigos escolhidos pelas autoras.
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	As autoras não explicitaram o método de análise utilizado para tratamento dos dados.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A35.1 – “[...] Reading ability and reading deficits have been studied in different disciplines—most prominently, in neuroscience, cognitive psychology, and education” (p. 2). A35.1 (T) – “[...] a capacidade de leitura e os déficits de leitura têm sido estudados em diferentes disciplinas – mais proeminentemente, na neurociência, na psicologia cognitiva e na educação” (p. 2). A35.2 – “[...] they argue that the study of atypical development can be especially helpful to get a better understanding of mathematics development and its underlying cognitive and brain mechanisms” (p. 2). A35.2 (T) – “[...] eles argumentam que o estudo do desenvolvimento atípico pode ser especialmente útil para obter uma melhor compreensão do desenvolvimento da Matemática e dos seus mecanismos cognitivos e cerebrais subjacentes” (p. 2). A35.3 – “[...] however, the improvements in attentional control during the first part of the intervention were correlated with the overall improvements in basic number processing, indicating that those two processes are indeed related” (p. 3). A35.3 (T) – “[...] no entanto, as melhorias no controle da atenção durante a primeira parte da intervenção foram correlacionadas com as melhorias globais no processamento básico de números, indicando que esses dois processos estão de fato relacionados” (p. 3). A35. 4 – “[...] interventions that successfully improve attentional control might have the potential to improve other cognitive functions that rely on those functions” (p. 3). A35.4 (T) – “[...] intervenções que melhorem com sucesso o controle da atenção podem ter o potencial de melhorar outras funções cognitivas que dependem dessas funções” (p. 3).				

A35.5 – “[...] a mismatch with individuals’ personal goals might actually negatively affect learning processes” (p. 4).

A35.5 (T) – “[...] uma incompatibilidade com os objetivos pessoais dos indivíduos pode, na verdade, afetar negativamente os processos de aprendizagem” (p. 4).

A35.6 – “[...] Furthermore, stress exposure and the resulting biological changes are differentially affected as a function of socioeconomic status and race/ethnicity, which has important educational implications in that those factors might contribute to the persistent racial-ethnic and socioeconomic achievement gap” (p. 4).

A35.6 (T) – “[...] além disso, a exposição ao estresse e as alterações biológicas resultantes são afetadas de forma diferente em função do status socioeconômico e da raça/etnia, o que tem implicações educacionais importantes, na medida em que esses fatores podem contribuir para a persistente disparidade racial-étnica e de desempenho socioeconômico” (p. 4).

A35.7 – “[...] first, they recommend paying more attention to how stress exposure affects student learning, and they emphasize the development of strategies that focus on the reduction of (perceived) stress levels – for example, by using more holistic measures of student achievement and/or the implementation of mindfulness interventions” (p. 4).

A35.7 (T) – “[...] em primeiro lugar, recomendam prestar mais atenção à forma como a exposição ao stress afeta a aprendizagem dos alunos e enfatizam o desenvolvimento de estratégias que se concentrem na redução dos níveis de stress (percebidos) – por exemplo, através da utilização de medidas mais holísticas do desempenho dos alunos e/ou da implementação de intervenções de mindfulness” (p. 4).

A35.8 – “[...] these articles also show that, ideally, research efforts in neuroscience and education should not be unidirectional” (p. 4).

A35.8 (T) – “[...] esses artigos também mostram que, idealmente, os esforços de pesquisa em neurociência e educação não deveriam ser unidirecionais” (p. 4).

Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática

O estudo não apresentou seção específica para as considerações finais.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 56 – Ficha de leitura do artigo A36.

Quadro 36 – Ficha de leitura do artigo A36.

IDENTIFICAÇÃO			
Identificação do artigo		Referência completa	
A36		SUSAC, A.; BRAEUTIGAM, S. A case for neuroscience in mathematics education. Frontiers in Human Neuroscience . Lausanne (Suíça), v. 8, n. 1, p. 1-3, 2014.	
DADOS DA PUBLICAÇÃO			
Título		A case for neuroscience in mathematics education	
Autores		Ana Susac e Sven Braeutigam	
Periódico		Frontiers in Human Neuroscience	
ISSN		Qualis (2017/2020)	Ano
1662-5161		A2	2014
Número		Volume	Intervalo de páginas
1		8	1-3
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO			
Questão de pesquisa		Objetivo da pesquisa	
De que modo a pesquisa em Neurociências pode impactar a Educação Matemática?		Apresentar alguns usos da Neurociência em Educação Matemática.	
Palavras-chave do artigo			
Mathematics. Education. Learning; Problem solving. Cognitive development. Brain Imaging. Society.			

PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO				
• Impacto da Matemática na ciência, na tecnologia e, em consequência, na economia; • Impacto do domínio da Matemática na escolha da carreira profissional; • Principais instrumentos utilizados para estudos de Neurociência (a ressonância magnética é a mais utilizada); • Aspectos anatômicos e fisiológicos (influência da massa cinzenta no senso numérico e de quantidade na infância e o impacto na vida adulta, ativação do córtex parietal em cálculos mentais, trabalho conjunto de diferentes regiões cerebrais para a proficiência em Matemática); • Aumento da maturidade funcional do cérebro com o aumento da idade e influência desse aspecto na aprendizagem de Matemática; • Impactos da carga atencional para a aprendizagem de Matemática (necessidade de ajuste do nível atencional nas atividades); • Ao trabalhar uma habilidade específica, outras regiões cerebrais também podem ser ativadas, provocando aumento de outras habilidades; • O uso de recursos computacionais baseados na Neurociência pode contribuir para o aumento da proficiência em Matemática; • Necessidade de comunicação eficiente entre neurocientistas e educadores, em função da compreensão da linguagem específica da área;				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Bibliográfica	Não se aplica	Não se aplica	Estudos escolhidos intencionalmente pelas autoras.
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	As autoras não explicitaram o método de análise utilizado para tratamento dos dados.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A36.1 – “[...] perhaps requiring specific motivation, interest and teaching methods in order to be learned efficiently” (p. 1). 36.1 (T) – “[...] talvez exigindo motivação, interesse e métodos de ensino específicos para ser aprendido de forma eficiente” (p. 1). A36.2 – “[...] reveal an increase in white matter volume during childhood and adolescence suggesting an increase of connectivity in the developing brain” (p. 1). 36.2 (T) – “[...] revelam um aumento no volume da substância branca durante a infância e adolescência, sugerindo um aumento da conectividade no cérebro em desenvolvimento” (p. 1). A36.3 – “[...] a developmental functional MRI study of mental arithmetic has shown that the pattern of brain activation changes with student age (Rivera <i>et al.</i>, 2005). Importantly, these age-related changes were associated with functional maturation rather than alterations in gray matter density” (p. 1). 36.3 (T) – “[...] um estudo de ressonância magnética funcional do desenvolvimento da aritmética mental mostrou que o padrão de ativação cerebral muda com a idade do aluno (Rivera <i>et al.</i>, 2005). É importante ressaltar que essas mudanças relacionadas à idade foram associadas à maturação funcional e não a alterações na densidade da substância cinzenta” (p. 1). A36.4 – “[...] in contrast, other brain areas appear to mature relatively late, such as prefrontal association areas thought to be involved in mathematical cognition and other higher-order processes developing throughout childhood and adolescence” (p. 1). 36.4 (T) – “[...] em contraste, outras áreas cerebrais parecem amadurecer relativamente tarde, tais como áreas de associação pré-frontal que se pensa estarem envolvidas na cognição matemática e outros processos de ordem superior que se desenvolvem ao longo da infância e adolescência” (p. 1).				

A36.5 – “[...] Such insight might shed some light on the transition from concrete arithmetic to the symbolic language of algebra, where students have to develop abstract reasoning skills that enable them to generalize, model, and analyze mathematical equations and theorems” (p. 1).

36.5 (T) – “[...] tal percepção pode lançar alguma luz sobre a transição da aritmética concreta para a linguagem simbólica da álgebra, onde os alunos têm de desenvolver habilidades de raciocínio abstrato que lhes permitam generalizar, modelar e analisar equações matemáticas e teoremas” (p. 1).

A36.6 – “[...] thus, neuroscience could conceivably help to better understand the relationship between biological brain development and the development of the human capacity for mathematical cognition mediated by educational experience” (p. 2).

36.6 (T) – “[...] assim, a neurociência poderia ajudar a compreender melhor a relação entre o desenvolvimento biológico do cérebro e o desenvolvimento da capacidade humana para a cognição matemática mediada pela experiência educacional” (p. 2).

A36.7 – “[...] suggested that the more symbol oriented a method was, the higher was the load on the attention system of the brain, which might help to explain why symbolic manipulations are usually considered difficult” (p. 2).

36.7 (T) – “[...] sugeriram que quanto mais orientado por símbolos fosse um método, maior seria a carga no sistema de atenção do cérebro, o que poderia ajudar a explicar por que as manipulações simbólicas são geralmente consideradas difíceis” (p. 2).

A36.8 – “[...] developing skills in parallel might go further than numbers and space, as there is emerging evidence that pattern recognition that is important in algebraic reasoning is closely related to visual attention and visual brain regions” (p. 2).

36.8 (T) – “[...] o desenvolvimento de habilidades em paralelo pode ir além dos números e do espaço, pois há evidências emergentes de que o reconhecimento de padrões, que é importante no raciocínio algébrico, está intimamente relacionado à atenção visual e às regiões visuais do cérebro” (p. 2).

A36.9 – “[...] for example, neuroscience based computer games have been shown to improve the number comparison ability in children with low numeracy skills” (p. 2).

36.9 (T) – “[...] por exemplo, foi demonstrado que jogos de computador baseados em neurociência melhoram a capacidade de comparação de números em crianças com baixas habilidades matemáticas” (p. 2).

A36.10 – “[...] in particular, *The Number Race* is an adaptive software program designed for teaching number sense to young children aged 4–8” (p. 2).

36.10 (T) – “[...] em particular, *The Number Race* é um programa de software adaptativo projetado para ensinar o sentido dos números a crianças de 4 a 8 anos” (p. 2).

A36.11 – “[...] attention and motivation of children is maintained by adjusting the level of task difficulty so that the success rate stays at around 75%.” (p. 2).

36.11 (T) – “[...] a atenção e a motivação das crianças são mantidas ajustando o nível de dificuldade da tarefa para que a taxa de sucesso fique em torno de 75%.” (p. 2).

A36.12 – “[...] moreover, *The Number Race* and similar computer-assisted interventions can advance mathematics learning and achievement also in typically developing children” (p. 2).

36.12 (T) – “[...] além disso, a Corrida dos Números e intervenções semelhantes assistidas por computador podem promover a aprendizagem e o desempenho em matemática também em crianças com desenvolvimento típico” (p. 2).

A36.13 – “[...] a recent review revealed that only 3 out of 20 mathematics intervention software packages reported the use of neuroscience research as a tool in intervention development” (p. 2).

36.13 (T) – “[...] uma revisão recente revelou que apenas 3 em cada 20 pacotes de software de intervenção matemática relataram o uso de pesquisas em neurociências como ferramenta no desenvolvimento de intervenções” (p. 2).

A36.14 – “[...] worryingly, unsubstantiated, neuromyth based teaching and learning methods are in use or have been advertised to teachers and education professionals (Goswami, 2006). This reinforces the notion that insight obtained from highquality neuroscience must be presented in a non-specialists form to mathematics educators, parents, and politicians so that informed decisions on educational issues can be made” (p. 2).

36.14 (T) – “[...] é preocupante que métodos de ensino e aprendizagem infundados e baseados em neuromitos estejam em uso ou tenham sido anunciados para professores e profissionais da educação (Goswami, 2006). Isto reforça a noção de que o conhecimento obtido a partir da neurociência de alta qualidade deve ser apresentado de uma forma não especializada a educadores matemáticos, pais e políticos, para que possam ser tomadas decisões informadas sobre questões educacionais” (p. 2).

A36.15 – “[...] we are inclined to argue that neuroscience can eventually impact on mathematics education by providing hints as to (a) what mathematics curriculum should be provided at which age, (b) which skills should be developed in parallel, and (c) how to reliably assess the effects of early diagnosis and interventions in the case of specific learning disabilities” (p. 2).

36.15 (T) – “[...] estamos inclinados a argumentar que a neurociência pode eventualmente impactar a educação matemática, fornecendo dicas sobre (a) qual currículo de matemática deve ser oferecido em que idade, (b) quais habilidades devem ser desenvolvidas em paralelo, e (c) como avaliar de forma confiável os efeitos do diagnóstico precoce e das intervenções no caso de dificuldades de aprendizagem específicas” (p. 2).

Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática

O estudo não apresenta uma seção específica de considerações finais.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 57 – Ficha de leitura do artigo A37.

Quadro 37. Ficha de leitura do artigo A37.

IDENTIFICAÇÃO			
Identificação do artigo		Referência completa	
A37		DOMMETT, E. J.; DEVONSHIRE, I. M.; SEWTER, E.; GREENFIELD, S. A. The impact of participation in a neuroscience course on motivational measures and academic performance. Trends in Neuroscience and Education . Leimgrubenweg (Alemanha), v. 2, n. 1, p. 122-138, 2013.	
DADOS DA PUBLICAÇÃO			
Título		The impact of participation in a neuroscience course on motivational measures and academic performance	
Autores		Eleanor Dommett, Ian Devonshire, Emma Sewter e Susan Greenfield	
Periódico		Trends in Neuroscience and Education	
ISSN		Qualis (2017/2020)	Ano
2211-9493		A2	2013
Número		Volume	Intervalo de páginas
1		2	122-138
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO			
Questão de pesquisa		Objetivo da pesquisa	
Os autores não explicitaram uma questão de pesquisa específica.		Avaliar e distinguir entre o efeito da entrega de informação neurocientífica a professores e alunos em comparação com informações sobre competências de estudo sobre medidas motivacionais, incluindo crenças de inteligência e desempenho acadêmico.	
Palavras-chave do artigo			
Incremental intelligence. Effort beliefs. Academic performance.			
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO			

- Parece haver um crescente aumento pelo interesse em Neurociência;
- Em geral, os professores parecem manifestar entusiasmo em obter conhecimento sobre o cérebro;
- Os professores consideram que o conhecimento sobre o cérebro é importante para a concepção e entrega do ensino;
- Uma comunicação adequada, por meio de uma linguagem que seja entendida entre neurocientistas e educadores, pode promover a aproximação entre as áreas de Neurociência e Educação Matemática;
- A formação continuada, por meio da participação em cursos, pode aumentar a consciência dos professores com relação à aprendizagem e comportamento dos estudantes;
- Há evidências de que o aumento da alfabetização em Neurociências é percebido pelos professores como altamente relevante e capaz de impactar o seu comportamento em sala de aula;
- Conscientizar os estudantes por meio da compreensão do funcionamento do próprio cérebro, a partir da participação em workshops, pode trazer benefícios ao resultado acadêmico;
- A adolescência configura-se como um período de grandes mudanças em diferentes aspectos da vida do indivíduo;
- Os estudantes podem possuir diferentes crenças a respeito da sua inteligência: fixa ou incremental (pode ser aprimorada);
- A crença que os estudantes têm a respeito da sua inteligência pode afetar seu desempenho acadêmico. Estudantes com crença incremental possuem menos tendência a desistirem de desafios;
- Sugere-se que seja possível ensinar o conceito de inteligência incremental para os estudantes;
- A característica da plasticidade cerebral e algumas características.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO

Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Mista	Comparação de grupo controle e grupo experimental em cinco cenários distintos.	383 estudantes com média de 12 anos de idade.	Respostas aos questionários e testes.	Não se aplica

ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS

Método de análise	Os autores não explicitaram o método de análise utilizado para tratamento dos dados.

Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática

A37.1 – “[...] it is proposed that a specific communication framework is needed which should involve improving the neuroscientific literacy amongst educators” (p. 122).

A37.1 (T) – “[...] propõe-se que seja necessário um quadro de comunicação específico que envolva a melhoria da literacia neurocientífica entre os educadores” (p. 122).

A37.2 – “[...] therefore, there is evidence that increasing neuroscience literacy is perceived by teachers as highly relevant and able to impact on their classroom behaviour” (p. 122).

A37.2 (T) – “[...] portanto, há evidências de que o aumento da alfabetização em neurociências é percebido pelos professores como altamente relevante e capaz de impactar seu comportamento em sala de aula” (p. 122).

A37.3 – “[...] further research has demonstrated that the type of intelligence belief that a pupil subscribes to will affect how they respond to challenges, with entity believers more inclined to give up in response to a challenge than incremental believers” (p. 123).

A37.3 (T) – “[...] outras pesquisas demonstraram que o tipo de crença de inteligência que um aluno adota afetar a forma como ele responde aos desafios, com os crentes em entidades mais inclinados a desistir em resposta a um desafio do que os crentes incrementais” (p. 123).

A37.4 – “[...] those subscribing to incremental intelligence are more likely to focus on learning goals rather than performance goals” (p. 123).

A37.4 (T) – “[...] aqueles que assinam a inteligência incremental são mais propensos a se concentrar em metas de aprendizagem em vez de metas de desempenho” (p. 123).

A37.5 – “[...] it is possible to teach incremental theory to college students, using Gardner's multiple intelligences, and that this older-age group can also benefit by exhibiting an improved academic performance” (p. 123).

A37.5 (T) – “[...] é possível ensinar teoria incremental a estudantes universitários, usando as inteligências múltiplas de Gardner, e que este grupo de idade mais avançada também pode se beneficiar exibindo um melhor desempenho acadêmico” (p. 123).

A37.6 – “[...] a subject perceived as difficult can provide a sufficient challenge to trigger distinct negative motivational patterns” (p. 125).

A37.6 (T) – “[...] um assunto percebido como difícil pode fornecer um desafio suficiente para desencadear padrões motivacionais negativos distintos” (p. 125).

A37.7 – “[...] progress in maths requires building on previous learning and therefore deficits can accumulate over time” (p. 125).

A37.7 (T) – “[...] o progresso em Matemática exige o desenvolvimento de aprendizagens anteriores e, portanto, os défices podem acumular-se ao longo do tempo” (p. 125).

A37.8 – “[...] these data indicate that following neuroscience intervention there is a longer term increase in belief in incremental intelligence that remains over a year after the intervention” (p. 127).

A37.8 (T) – “[...] estes dados indicam que após a intervenção em neurociências há um aumento a longo prazo na crença na inteligência incremental que permanece mais de um ano após a intervenção” (p. 127).

A37.9 – “[...] these data combined indicate that pupils' participation in neuroscience workshops has no effect on belief in the importance of academic performance” (p. 127).

A37.9 (T) – “[...] estes dados combinados indicam que a participação dos alunos em workshops de neurociências não tem efeito na crença na importância do desempenho acadêmico” (p. 127).

A37.10 – “[...] in contrast to the control group, at the final assessment point the neuroscience group showed a positive correlation between maths performance and intelligence beliefs” (p. 128).

A37.10 (T) – “[...] em contraste com o grupo de controle, no ponto de avaliação final o grupo de neurociências mostrou uma correlação positiva entre o desempenho em Matemática e as crenças em inteligência” (p. 128).

A37.11 – “[...] and effort beliefs and beliefs in the importance of academic performance remained correlated with maths performance” (p. 129).

A37.11 (T) – “[...] e as crenças de esforço e as crenças na importância do desempenho acadêmico permaneceram correlacionadas com o desempenho em Matemática” (p. 129).

A37.12 – “[...] we found that participation resulted in an increase in strength of belief in incremental intelligence” (p. 135).

A37.12 (T) – “[...] descobrimos que a participação resultou num aumento na força da crença na inteligência incremental” (p. 135).

A37.13 – “[...] therefore, we propose that neuroscience training is more efficacious at increasing intelligence beliefs but that it is possible for study skills training to result some shorter term changes” (p. 135).

A37.13 (T) – “[...] portanto, propomos que o treinamento em neurociências é mais eficaz no aumento das crenças de inteligência, mas é possível que o treinamento em habilidades de estudo resulte em algumas mudanças de curto prazo” (p. 135).

A37.14 – “[...] neither intervention had any effect on academic performance beliefs” (p. 135).

A37.14 (T) – “[...] nenhuma das intervenções teve qualquer efeito nas crenças de desempenho acadêmico” (p. 135).

A37.15 – “[...] but it is possible that in order to achieve an effect on academic outcome measures, both elements need to be presente” (p. 136).

A37.15 (T) – “[...] mas é possível que, para obter um efeito nas medidas de resultados acadêmicos, ambos os elementos precisem estar presentes” (p. 136).

A37.16 – “[...] finally, it should be noted that the mode of delivery of material had an effect on pupil outcome measures. Workshops delivered by ASTs were found to be most interesting and more enjoyable than a content-matched, interactive computer-led delivery method” (p. 137).

A37.16 (T) – “[...] finalmente, deve-se notar que o modo de entrega do material teve um efeito nas medidas de resultados dos alunos. Os workshops ministrados pelos ASTs foram considerados mais interessantes e mais agradáveis do que um método de entrega interativo e de conteúdo compatível com o computador” (p. 137).

Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática

A37.17 – “[...] pupils also scored higher on comprehension tests when they had been taught by an Advanced Skill Teacher as opposed to a computer, which has implications for modes of teaching in the classroom” (p. 137).

A37.17 (T) – “[...] os alunos também tiveram pontuações mais altas em testes de compreensão quando foram ensinados por um Professor de Habilidades Avançadas, em vez de um computador, o que tem implicações nos modos de ensino em sala de aula” (p. 137).

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 58 – Ficha de leitura do artigo A38.

Quadro 58 – Ficha de leitura do artigo A38.

IDENTIFICAÇÃO			
Identificação do artigo		Referência completa	
A38		RIBEIRO, S. Tempo de cérebro. Estudos Avançados . São Paulo (Brasil), v. 27, n. 77, p. 7-22, 2013.	
DADOS DA PUBLICAÇÃO			
Título		Tempo de cérebro	
Autores		Sidarta Ribeiro	
Periódico		Estudos Avançados	
ISSN		Qualis (2017/2020)	Ano
0103-4014		A1	2013
Número		Volume	Intervalo de páginas
77		27	7-22
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO			
Questão de pesquisa		Objetivo da pesquisa	
Como interpretar as novas descobertas das Neurociências? O que significam, que mudanças causam e até onde nos levam?		Abordar alguns tópicos de amplo interesse social: o envelhecimento, a educação, as drogas, o retorno científico à psicanálise e o problema da consciência.	
Palavras-chave do artigo			
Cérebro. Mente. Consciência. Memória. Psicanálise. Educação.			
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO			
Relações entre velhice e Neurociências (aspectos sobre a doença de Parkinson: definição, sintomas, ações paliativas; aspectos sobre o Mal de Alzheimer: definição, sintomas, consequências, hipóteses de causa);			

• Relações entre Educação e Neurociências (alimentação, recompensas e motivação, necessidade de uma “pedagogia científica”, atenção e recursos didáticos); • Relações entre drogas e Neurociências (medicamentos que auxiliam na estabilidade de humor e atenção); • Possíveis relações entre Neurociência e Psicanálise (estudo da consciência).				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Não especificado pelo autor	Não se aplica	Não se aplica	Artigos escolhidos pelo autor para defender as ideias expostas.
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	O autor não explicitou o método de análise utilizado para tratamento dos dados.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A38.1 – “[...] a tradução dos achados experimentais não é simples e o conhecimento recentemente gerado quase sempre é opaco para os não especialistas” (p. 7). A38.2 – “[...] toda manhã, jovens mal alimentados se dirigem às escolas. Não surpreendentemente, tais estudantes frequentemente apresentam déficits de aprendizado” (p. 9). A38.3 – “[...] o cérebro é o órgão que mais consome glicose, e a administração de glicose antes do aprendizado fortalece memórias” (p. 9). A38.4 – “[...] isso sugere que, independentemente do método pedagógico empregado, a má nutrição afeta negativamente o aprendizado” (p. 9). A38.5 – “[...] a ingestão calórica talvez não seja, entretanto, o único requisito alimentar para o aprendizado, pois camundongos alimentados com dietas muito gordurosas aprendem menos e mais lentamente do que animais alimentados com baixo teor de gorduras” (p. 9-10). A38.6 – “[...] o cuidado com a alimentação escolar, portanto, é provavelmente crucial para o aprendizado bem-sucedido dos alunos” (p. 10). A38.7 – “[...] a relação entre incentivo e motivação obedece a uma função sigmoide, de forma que incentivos muito pequenos ou muito grandes, quando aumentados, pouco afetam a motivação” (p. 10). A38.8 – “[...] ainda está por se construir uma ciência educacional capaz de ser testada e continuamente melhorada de forma empírica e quantitativa. Se não chegarmos a uma pedagogia científica capaz de alavancar o aprendizado dos mais necessitados, é provável que continue aumentando a desigualdade educacional do planeta” (p. 10). A38.9 – “[...] o direcionamento da atenção do aluno para pontos específicos do material estudado favorece a retenção de memórias, de que gestos não verbais antecedem saltos cognitivos, e de que o aprendizado linguístico baseado em morfemas e grafemas é mais eficaz do que o ensino de palavras inteiras” (p. 10-11). A38.10 – “[...] a prática de certos jogos pode reverter déficits de aprendizado característicos da dislexia, e até mesmo acarretar a transferência de habilidades entre domínios cognitivos distintos” (p. 11). A38.11 – “[...] do ponto de vista das neurociências, toda substância capaz de alterar parâmetros biológicos é uma droga cujo efeito é produto da interação de três fatores: a substância específica, o corpo em que ela atua, e o contexto físico e social em que ocorre o uso” (p. 11). A38.12 – “[...] sabemos hoje que a interrupção da interferência sensorial que o sono induz propicia uma reverberação mnemônica que é crucial para a consolidação duradoura do aprendizado” (p. 14).				
Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática				
O artigo não possui seção específica de considerações finais.				

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 59 – Ficha de leitura do artigo A39.

Quadro 55 – Ficha de leitura do artigo A39.

IDENTIFICAÇÃO				
Identificação do artigo		Referência completa		
A39		BLAKEMORE, S.; BUNGE, S. A. At the nexus of neuroscience and education. Developmental Cognitive Neuroscience . Pennsylvania (Estados Unidos), v. 2S, n. 1, p. 51-55, 2012.		
DADOS DA PUBLICAÇÃO				
Título		At the nexus of neuroscience and education		
Autores		Sarah-Jayne Blakemore e Silvia Bunge		
Periódico		Developmental Cognitive Neuroscience		
ISSN		Qualis (2017/2020)		Ano
1878-9293		NA		2012
Número		Volume		Intervalo de páginas
1		2S		51-55
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO				
Questão de pesquisa			Objetivo da pesquisa	
Quais os possíveis impactos que a Neurociência pode promover na Educação?			Apresentar alguns estudos que relacionam Neurociência (em deferentes níveis de análise) à Educação.	
Palavras-chave do artigo				
O artigo não apresenta palavras-chave.				
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO				
• A Neurociência tem potencial para promover impactos na Educação; • Conhecer a base biológica dos distúrbios, pode auxiliar no desenvolvimento de intervenções; • Modos como o ambiente social (que inclui a escola) e cultura influenciam o desenvolvimento de uma determinada população; • Dois componentes da memória: associativo e estratégico; • Hipótese de que existam biomarcadores de desempenho acadêmico na infância; • Existem diferenças nas habilidades de leitura de prematuros e bebês com gestação normal, observadas em nível neuronal; • Consciência fonológica foi o preditor mais forte para o sucesso na alfabetização; • Alguns efeitos do treinamento da memória de trabalho; • Possibilidade de que mudanças possam ser detectadas no nível neural mais cedo do que no nível comportamental.				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Não especificado pelo autor	Não se aplica	Não se aplica	Artigos escolhidos pelo autor para defender as ideias expostas.
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	As autoras não explicitaram o método de análise utilizado para tratamento dos dados.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A39.1 – “[...] indeed, understanding the brain mechanisms that underlie learning and memory, and the effects of age, genetics, the environment, emotion and motivation on learning could transform educational strategies and enable us to design programs that optimise learning for people of all ages and of all needs” (p. 1).				
A39.1 (T) – “[...] na verdade, compreender os mecanismos cerebrais subjacentes à aprendizagem e à memória, e os efeitos da idade, da genética, do ambiente, da emoção e da motivação na aprendizagem, poderia transformar				

as estratégias educativas e permitir-nos conceber programas que otimizem a aprendizagem para pessoas de todas as idades e de todas as necessidades” (p. 1).

A39.2 – “[...] learning and how these can go wrong. As such, developmental cognitive neuroscience has the potential to contribute to education policy” (p. 1).

A39.2 (T) – “[...] como tal, a neurociência cognitiva do desenvolvimento tem o potencial de contribuir para a política educacional” (p. 1).

A39.3 – “[...] neuroscience must have a bigger presence in schools, and education researchers and educators must play a more substantive role in guiding neuroscience research on learning and development” (p. 1).

A39.3 (T) – “[...] a neurociência deve ter uma presença maior nas escolas, e os pesquisadores e educadores em educação devem desempenhar um papel mais substantivo na orientação da pesquisa em neurociência sobre aprendizagem e desenvolvimento” (p. 1).

A39.4 – “[...] it has long been pointed out that the gap between neuroscience data and education policy is “a bridge too far (Bruer, 1997)” (p. 1).

A39.4 (T) – “[...] Há muito que se aponta que a lacuna entre os dados da Neurociência e a política educacional é “uma ponte longe demais (Bruer, 1997)” (p. 1).

A39.5 – “[...] a recente longitudinal study, which followed 1000 individuals from birth to age 32, highlighted the importance of self-control during (and executive function) childhood for lifelong health, wealth, and public safety (Moffitt *et al.*, 2011)” (p. 2).

A39.5 (T) – “[...] um estudo longitudinal recente, que acompanhou 1.000 indivíduos desde o nascimento até os 32 anos, destacou a importância do autocontrole durante (e da função executiva) a infância para a saúde, a riqueza e a segurança pública ao longo da vida (Moffitt *et al.*, 2011)” (p. 2).

A39.6 – “[...] one of the core self-regulatory skills is the ability to focus on relevant information, or selective attention” (p. 2).

A39.6 (T) – “[...] uma das principais habilidades de autorregulação é a capacidade de focar em informações relevantes, ou atenção seletiva” (p. 2).

A39.7 – “[...] a widely used measure of children’s executive function is the Dimensional Change Card Sort task (DCCS; Zelazo, 2006)” (p. 2).

A39.7 (T) – “[...] uma medida amplamente utilizada da função executiva das crianças é a tarefa Dimensional Change Card Sort (DCCS; Zelazo, 2006)” (p. 2).

A39.8 – “[...] these behavioral results suggest, at first blush, that high-quality early intervention can eliminate the negative effects of early psychosocial deprivation on executive functioning” (p. 2).

A39.8 (T) – “[...] estes resultados comportamentais sugerem, à primeira vista, que uma intervenção precoce de alta qualidade pode eliminar os efeitos negativos da privação psicossocial precoce no funcionamento executivo” (p. 2).

A39.9 – “[...] the associative component refers to the ability to bind the features of a singular event into an integrated memory trace, and to retrieve this bound set of representations at a later date” (p. 2).

A39.9 (T) – “[...] o componente associativo refere-se à capacidade de vincular as características de um evento singular em um traço de memória integrado e de recuperar esse conjunto vinculado de representações em uma data posterior” (p. 2).

A39.10 – “[...] the strategic component of memory refers to the set of ‘top-down’ control processes that enable the organization and monitoring of memory representations” (p. 2).

A39.10 (T) – “[...] a componente estratégica da memória refere-se ao conjunto de processos de controle ‘de cima para baixo’ que permitem a organização e monitorização das representações da memória” (p. 2).

A39.11 – “[...] this component, most commonly linked to lateral prefrontal cortex, develops throughout childhood and adolescence ” (p. 2).

A39.11 (T) – “[...] este componente, mais comumente ligado ao córtex pré-frontal lateral, desenvolve-se ao longo da infância e adolescência” (p. 2).

A39.12 – “[...] the authors argue that neuroscientific research on memory development has direct implications for the design of age-appropriate instructional materials” (p. 3).

A39.12 (T) – “[...] os autores argumentam que a pesquisa neurocientífica sobre o desenvolvimento da memória tem implicações diretas para o design de materiais instrucionais apropriados à idade” (p. 3).

A39.13 – “[...] the ability to use positive or negative external feedback to reinforce or update one’s behavior, respectively, is another core cognitive skill that is central to learning” (p. 3).

A39.13 (T) – “[...] a capacidade de usar feedback externo positivo ou negativo para reforçar ou atualizar o comportamento de alguém, respectivamente, é outra habilidade cognitiva que é central para a aprendizagem” (p. 3).

A39.14 – “[...] thus, in the context of education, this study provides evidence that level of reading proficiency influences the neural response within the reading network to the type of training experienced” (p. 3).

A39.14 (T) – “[...] assim, no contexto da educação, este estudo fornece evidências de que o nível de proficiência em leitura influencia a resposta neural dentro da rede de leitura ao tipo de treinamento vivenciado” (p. 3).

A39.15 – “[...] the results suggest developmental dyscalculia is associated with hypo-activity in key brain regions implicated in mathematical cognition” (p. 4).

A39.15 (T) – “[...] os resultados sugerem que a discalculia do desenvolvimento está associada à hiperatividade em regiões-chave do cérebro implicadas na cognição matemática” (p. 4).

A39.16 – “[...] multiple research groups are beginning to show that intensive cognitive training of various forms can boost specific cognitive functions and alter brain structure and function” (p. 4).

A39.16 (T) – “[...] vários grupos de pesquisa estão começando a mostrar que o treinamento cognitivo intensivo de várias formas pode impulsionar funções cognitivas específicas e alterar a estrutura e função do cérebro” (p. 4).

A39.17 – “[...] to this end, the authors review studies that have shown that training leads to changes in activation patterns, resting state functional connectivity, brain structure, or neurochemistry” (p. 4).

A39.17 (T) – “[...] para esse fim, os autores revisam estudos que demonstraram que o treinamento leva a mudanças nos padrões de ativação, na conectividade funcional do estado de repouso, na estrutura cerebral ou na neuroquímica” (p. 4).

Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática

O artigo não possui seção específica de considerações finais.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 60 – Ficha de leitura do artigo A40.

IDENTIFICAÇÃO	
Identificação do artigo	Referência completa
A40	STEVENS, C.; BAVELIER, D. The role of selective attention on academic foundations: a cognitive neuroscience perspective. Developmental Cognitive Neuroscience . Pennsylvania (Estados Unidos). v. 2S, n. 1, p. 30-48, 2012.

DADOS DA PUBLICAÇÃO				
Título		The role of selective attention on academic foundations: a cognitive neuroscience perspective		
Autores		Courtney Stevens e Daphne Bavelier		
Periódico		Developmental Cognitive Neuroscience		
ISSN		Qualis (2017/2020)		Ano
1878-9293		NA		2012
Número		Volume		Intervalo de páginas
1		2		30-48
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO				
Questão de pesquisa			Objetivo da pesquisa	
Por quais mecanismos específicos a atenção seletiva pode ter impactos abrangentes em domínios considerados essenciais para conquista acadêmica?			Revisar ligações hipotéticas entre atenção seletiva e processamento em três domínios importantes para as habilidades acadêmicas iniciais.	
Palavras-chave do artigo				
Selective attention. Distractor suppression. Development. Training.				
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO				
- As principais ideias estão relacionadas à atenção seletiva e sua influência no sucesso acadêmico; - Revisão das bases neurais da atenção seletiva; - Curso temporal do desenvolvimento da atenção seletiva; - A atenção seletiva atua por meio de mecanismos neurais muito semelhantes ao longo das idades; - Com base em literaturas recentes sobre os efeitos do jogo de videogames e do treino mente-cérebro na atenção seletiva, discutimos a possibilidade de treinar a atenção seletiva.				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Bibliográfica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	Os autores não evidenciaram o método de análise dos dados.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A40.1 – “[...] the ability to focus on the task at hand and ignore distraction, also termed selective attention, appears to have reverberating effects on several domains important to academic foundations, including language, literacy, and mathematics” (p. 30). A40.1 (T) – “[...] a capacidade de focar na tarefa em questão e ignorar a distração, também chamada de atenção seletiva, parece ter efeitos reverberantes em vários domínios importantes para as bases acadêmicas, incluindo Linguagem, Alfabetização e Matemática” (p. 30). A40.2 – “[...] when selective attention is directed to particular stimulus attributes (e.g., shape, color, or motion) enhanced activity is observed in cortical areas associated with processing that attribute” (p. 31). A40.2 (T) – “[...] quando a atenção seletiva é direcionada para determinados atributos de estímulo (por exemplo, forma, cor ou movimento), é observada atividade aprimorada em áreas corticais associadas ao processamento desse atributo” (p. 31). A40.3 – “[...] similarly, when attention is directed toward particular object classes associated with specialized cortical areas (e.g., faces,houses), activity is modulated inthose object-specific cortical regions” (p. 31). A40.3 (T) – “[...] da mesma forma, quando a atenção é direcionada para classes específicas de objetos associadas a áreas corticais especializadas (por exemplo, rostos, casas), a atividade é modulada nessas regiões corticais específicas do objeto” (p. 31).				

A40.4 – “[...] attention alters the selectivity of neurons in the hierarchy of visual areas, especially by improving the encoding of task-relevant features” (p. 31).

A40.4 (T) – “[...] a atenção altera a seletividade dos neurônios na hierarquia das áreas visuais, especialmente ao melhorar a codificação de características relevantes para a tarefa” (p. 31).

A40.5 – “[...] the goals of the participants also shape attentional allocation” (p. 32).

A40.5 (T) – “[...] os objetivos dos participantes também moldam a alocação de atenção” (p. 32).

A40.6 – “[...] such stimulus-driven and goal-directed ways of controlling attention rely on partially overlapping networks of brain areas, and, while guided by separable operating principles, interact almost constantly to ultimately determine attention allocation” (p. 32).

A40.6 (T) – “[...] essas formas de controlar a atenção, orientadas por estímulos e por objetivos, dependem de redes parcialmente sobrepostas de áreas cerebrais e, embora guiadas por princípios operacionais separáveis, interagem quase constantemente para, em última análise, determinar a alocação de atenção” (p. 32).

A40.7 – “[...] identify the neural response to preparatory cues that signal the spatial location or stimulus feature to be attended prior to the appearance of the actual target display” (p. 32).

A40.7 (T) – “[...] identificar a resposta neural a sinais preparatórios que sinalizam a localização espacial ou recurso de estímulo a ser atendido antes do aparecimento da exibição do alvo real” (p. 32).

A40.8 – “[...] several single event fMRI studies, preparatory cues have been found to engage a primarily fronto-parietal network” (p. 32).

A40.8 (T) – “[...] vários estudos de fMRI de evento único, descobriu-se que pistas preparatórias envolvem uma rede principalmente fronto-parietal” (p. 32).

A40.9 – “[...] with some evidence that briefly presented cues that capture attention exogenously recruit a similar neural network” (p. 32).

A40.9 (T) – “[...] com algumas evidências que apresentaram brevemente pistas que capturam a atenção recrutando exogenamente uma rede neural semelhante” (p. 32).

A40.10 – “[...] it is a fronto-parietal network that is used across dimensions to deploy selective attention” (p. 32).

A40.10 (T) – “[...] é uma rede fronto-parietal que é usada em todas as dimensões para implantar a atenção seletiva” (p. 32).

A40.11 – “[...] distractors may be processed to varying degrees as a function of their physical similarity to the targets, their location in the visual field, and their intrinsic salience, to name a few” (p. 32).

A40.11 (T) – “[...] os distratores podem ser processados em graus variados em função de sua semelhança física com os alvos, de sua localização no campo visual e de sua saliência intrínseca, para citar alguns” (p. 32).

A40.12 – “[...] other tasks in which a competing dominant response must be inhibited are also taken to measure filtering ability and the management of response conflict, including classic Stroop tasks (e.g., the color-name Stroop, in which participants name the color of ink used to spell color words, such as responding ‘blue’ to the word RED printed in blue ink)” (p. 32).

A40.12 (T) – “[...] outras tarefas nas quais uma resposta dominante concorrente deve ser inibida também são realizadas para medir a capacidade de filtragem e o gerenciamento do conflito de respostas, incluindo tarefas clássicas de Stroop (por exemplo, o nome da cor Stroop, em que os participantes nomeiam a cor da tinta usada para soletrar a cor palavras, como responder 'azul' à palavra VERMELHA impressa em tinta azul)” (p. 32).

A40.13 – “[...] this suggests that the fronto-parietal network described earlier may be involved in narrowing the focus of selective attention, whereas the ACC-frontal network is specifically engaged to manage response conflict” (p. 33).

A40.13 (T) – “[...] isto sugere que a rede fronto-parietal descrita anteriormente pode estar envolvida no estreitamento do foco da atenção seletiva, enquanto a rede frontal ACC está especificamente envolvida para gerir o conflito de resposta” (p. 33).

A40.14 – “[...] this finding highlights the causal role of regions of the frontal cortex in selective attention, as well as the critical role of selective attention in supporting working memory” (p. 33).

A40.14 (T) – “[...] esta descoberta destaca o papel causal das regiões do córtex frontal na atenção seletiva, bem como o papel crítico da atenção seletiva no apoio à memória de trabalho” (p. 33).

A40.15 – “[...] however, many of the neural structures implicated above in effectively deploying selective attention and resolving response conflict, including regions of the prefrontal and parietal cortex, show a protracted period of postnatal structural development lasting into at least the third decade of life” (p. 33).

A40.15 (T) – “[...] no entanto, muitas das estruturas neurais implicadas acima na implantação eficaz da atenção seletiva e na resolução de conflitos de resposta, incluindo regiões do córtex pré-frontal e parietal, mostram um período prolongado de desenvolvimento estrutural pós-natal que dura pelo menos até a terceira década de vida” (p. 33).

A40.16 – “[...] this slow maturation of the basic neural architecture important to selective attention suggests that functional changes in selective attention may also occur throughout childhood and adolescence” (p. 33).

A40.16 (T) – “[...] esta lenta maturação da arquitetura neural básica, importante para a atenção seletiva, sugere que mudanças funcionais na atenção seletiva também podem ocorrer durante a infância e a adolescência” (p. 33).

A40.17 – “[...] for example, while children may be less efficient at filtering information, if a spatial (i.e., exogenous orienting) pre-cue is used to focus children’s attention before appearance of the target, children perform like adults” (p. 33).

A40.17 (T) – “[...] por exemplo, embora as crianças possam ser menos eficientes na filtragem de informações, se uma pré-sugestão espacial (ou seja, orientação exógena) for usada para focar a atenção das crianças antes do aparecimento do alvo, as crianças atuam como adultos” (p. 33).

A40.18 – “[...] also, while children generally show larger flanker effects than adults, children and adults can be made to show equivalent flanker effects when attentional demands are high” (p. 33).

A40.18 (T) – “[...] além disso, embora as crianças geralmente apresentem efeitos de flanqueamento maiores do que os adultos, crianças e adultos podem ser levados a apresentar efeitos de flanqueamento equivalentes quando as demandas de atenção são altas” (p. 33).

A40.19 – “[...] proposed that the abilities to select among competing stimuli and preferentially process more relevant information are essentially available in very young children, but that the speed and efficiency of these behaviors improve as children develop” (p. 33).

A40.19 (T) – “[...] propôs que as habilidades para selecionar entre estímulos concorrentes e processar preferencialmente informações mais relevantes estão essencialmente disponíveis em crianças muito pequenas, mas que a velocidade e a eficiência desses comportamentos melhoram à medida que as crianças se desenvolvem” (p. 33).

A40.20 – “[...] selective attention can be recruited, even in young children, if sufficient cues are provided to direct selective attention” (p. 33).

A40.20 (T) – “[...] a atenção seletiva pode ser recrutada, mesmo em crianças pequenas, se forem fornecidas pistas suficientes para direcionar a atenção seletiva” (p. 33).

A40.21 – “[...] frontal-parietal structures guiding the control of selective attention and the resolving of response conflict may show a more protracted period of development” (p. 33).

A40.21 (T) – “[...] estruturas fronto-parietais que orientam o controle da atenção seletiva e a resolução do conflito de resposta podem apresentar um período de desenvolvimento mais prolongado” (p. 33).

A40.22 – “[...] these findings provide compelling support for the argument that, with sufficient cues, children can show impressive attentional modulations” (p. 34).

A40.22 (T) – “[...] estas descobertas fornecem um apoio convincente para o argumento de que, com pistas suficientes, as crianças podem mostrar modulações de atenção impressionantes” (p. 34).

A40.23 – “[...] for example, children from lower socio-economic backgrounds show reduced effects of selective attention on early neural processing relative to their peers from higher socioeconomic backgrounds” (p. 34).

A40.23 (T) – “[...] por exemplo, crianças de meios socioeconômicos mais baixos apresentam efeitos reduzidos da atenção seletiva no processamento neural precoce em relação aos seus pares de meios socioeconômicos mais elevados” (p. 34).

A40.24 – “[...] this suggests that individual differences during development exist in the capacity to deploy selective attention and, as a result, modulate early neural processing” (p. 34).

A40.24 (T) – “[...] isto sugere que existem diferenças individuais durante o desenvolvimento na capacidade de mobilizar a atenção seletiva e, como resultado, modular o processamento neural precoce” (p. 34).

A40.25 – “[...] thus, deploying temporal selective attention strategically may allow the listener to select and amplify processing of the portions of the speech signal most critical for comprehension” (p. 37).

A40.25 (T) – “[...] assim, implantar estrategicamente a atenção seletiva temporal pode permitir ao ouvinte selecionar e amplificar o processamento das porções do sinal de fala mais críticas à compreensão” (p. 37).

A40.26 – “[...] indicates that selective attention may be important to shaping auditory sound processing during development, including aspects of sound processing important to language development” (p. 37).

A40.26 (T) – “[...] indica que a atenção seletiva pode ser importante para moldar o processamento sonoro auditivo durante o desenvolvimento, incluindo aspectos do processamento sonoro importantes para o desenvolvimento da linguagem” (p. 37).

A40.27 – “[...] unlike language processing, where auditory selective attention must be directed to critical points in time, reading requires that visual selective attention be focused spatially” (p. 37).

A40.27 (T) – “[...] ao contrário do processamento da linguagem, onde a atenção seletiva auditiva deve ser direcionada para pontos críticos no tempo, a leitura exige que a atenção seletiva visual seja focada espacialmente” (p. 37).

A40.28 – “[...] there is evidence that learning to read biases both the gradient of visual attention and scan patterns to align with the demands of the script being learned” (p. 37).

A40.28 (T) – “[...] há evidências de que aprender a ler influencia tanto o gradiente da atenção visual quanto os padrões de varredura para se alinharem com as demandas do roteiro que está sendo aprendido” (p. 37).

A40.29 – “[...] in word problems, an individual must hold on to and retain relevant information presented linguistically for making a computation while not being distracted by extraneous information irrelevant to the computation” (p. 40).

A40.29 (T) – “[...] em problemas de palavras, um indivíduo deve manter e reter informações relevantes apresentadas linguisticamente para fazer um cálculo, sem se distrair com informações estranhas e irrelevantes para o cálculo” (p. 40).

A40.30 – “[...] importantly, this begins to highlight the interaction between working memory and selective attention. Although these have traditionally been treated as distinct mental capacities, as detailed below there is considerable interactions between these processes, both in terms of functional significance and neural bases” (p. 40).

A40.30 (T) – “[...] é importante ressaltar que isso começa a destacar a interação entre memória de trabalho e atenção seletiva. Embora estas tenham sido tradicionalmente tratadas como capacidades mentais distintas, conforme detalhado abaixo, há interações consideráveis entre esses processos, tanto em termos de significado funcional quanto de bases neurais” (p. 40).

A40.31 – “[...] mathematics anxiety is associated with a concomitant reduction in working memory capacity and mathematics performance” (p. 40).

A40.31 (T) – “[...] a ansiedade matemática está associada a uma redução concomitante na capacidade de memória de trabalho e no desempenho em matemática” (p. 40).

A40.32 – “[...] interestingly, recent data suggest that working memory deficits among individuals with mathematics difficulty are related to impairments in ignoring irrelevant or no longer relevant information during memory tasks. This is seen in a high number of intrusion errors of previously presented, but currently task-irrelevant content during working memory tasks” (p. 40).

A40.32 (T) – “[...] curiosamente, dados recentes sugerem que os défices de memória de trabalho entre indivíduos com dificuldades em matemática estão relacionados com dificuldades em ignorar informações irrelevantes ou que já não são relevantes durante tarefas de memória. Isto é visto em um grande número de erros de intrusão de conteúdo apresentado anteriormente, mas atualmente irrelevante para a tarefa durante tarefas de memória de trabalho” (p. 40).

A40.33 – “[...] this suggests that selective attention, and distractor suppression in particular, is important for regulating access to working memory and optimizing working memory capacity” (p. 40).

A40.33 (T) – “[...] isto sugere que a atenção seletiva, e a supressão do distrator em particular, é importante para regular o acesso à memória de trabalho e otimizar a capacidade da memória de trabalho” (p. 40).

A40.34 – “[...] two lines of research demonstrate the capacity of selective attention to be enhanced, the first one concerns action game play and the second mind-body training” (p. 41).

A40.34 (T) – “[...] duas linhas de pesquisa demonstram a capacidade de melhorar a atenção seletiva, a primeira diz respeito aos jogos de ação e, a segunda, ao treinamento mente-corpo” (p. 41).

A40.35 – “[...] it has been proposed that meditation improves attention in a practice-related manner, with the act of meditation engaging neural systems supporting selective attention. In support of this hypothesis, several neuroimaging studies document engagement of fronto-parietal regions associated with deploying selective attention during meditation” (p. 41).

A40.35 (T) – “[...] foi proposto que a meditação melhora a atenção de uma maneira relacionada à prática, com o ato de meditação envolvendo sistemas neurais que apoiam a atenção seletiva. Em apoio a esta hipótese, vários estudos de neuroimagem documentam o envolvimento das regiões frontoparietais associadas ao desenvolvimento da atenção seletiva durante a meditação” (p. 41).

A40.36 – “[...] with the view that meditation experience initially enables greater recruitment of attentional control systems as the attentional task becomes more effortful; but as expertise develops with extra training, meditation expertise may allow one to achieve a focused state of attentional control more automatically, therefore calling upon fewer attentional resources” (p. 42-43).

A40.36 (T) – “[...] com a visão de que a experiência de meditação permite inicialmente um maior recrutamento de sistemas de controle atencional à medida que a tarefa atencional se torna mais exigente; mas à medida que a perícia se desenvolve com treino extra, a perícia em meditação pode permitir alcançar um estado concentrado de controle atencional de forma mais automática, recorrendo, portanto, a menos recursos atencionais” (p. 42-43).

A40.37 – “[...] in short, they excel at the target task while exhibiting greater spill-over of unused resources to distractors” (p. 43).

A40.37 (T) – “[...] em suma, eles (os jogadores de ação) se destacam na tarefa alvo, ao mesmo tempo em que exibem maior transbordamento de recursos não utilizados para distratores” (p. 43).

A40.38 – “[...] Although activities such as action video-game play and intense meditation may seem quite disparate at first sight, they may evoke shared mechanisms by enabling greater automatization and flexibility of attentional control” (p. 43).

A40.38 (T) – “[...] embora atividades como jogos de ação e meditação intensa possam parecer bastante díspares à primeira vista, elas podem evocar mecanismos compartilhados, permitindo maior automatização e flexibilidade do controle da atenção” (p. 43).

A40.39 – “[...] these findings are in line with recent proposals suggesting that some interventions designed to improve language skills might also target or train selective attention” (p. 43).

A40.39 (T) – “[...] estas descobertas estão em linha com propostas recentes que sugerem que algumas intervenções concebidas para melhorar as competências linguísticas também podem visar ou treinar a atenção seletiva” (p. 43).

Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática

A40.40 – “[...] some children may need more cues to support their ability to selectively attend. This may, for some children, involve limiting distractors or presenting a longer opportunity to orient so that a child is prepared to deal with distractions” (p. 44).

A40.40 (T) – “[...] algumas crianças podem precisar de mais dicas para apoiar a sua capacidade de participar seletivamente. Isto pode, para algumas crianças, envolver a limitação das distrações ou a apresentação de uma oportunidade mais longa de orientação para que a criança esteja preparada para lidar com as distrações” (p. 44).

A40.41 – “[...] in a classroom context, there may be large benefits to incorporating attention-training activities into the school context, and indeed some classroom-based interventions include such activities, with evidence for improvements in children’s selective attention (Diamond *et al.*, 2007)” (p. 44).

A40.41 (T) – “[...] num contexto de sala de aula, pode haver grandes benefícios em incorporar atividades de treino da atenção no contexto escolar e, de facto, algumas intervenções baseadas na sala de aula incluem tais atividades, com evidências de melhorias na atenção seletiva das crianças (Diamond *et al.*, 2007)” (p. 44).

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 61 – Ficha de leitura do artigo A41.

Quadro 51 Ficha de leitura do artigo A41.

IDENTIFICAÇÃO		
Identificação do artigo		Referência completa
A41		SCHRAG, F. Education and neuroscience: what kind of marriage? Cortex . Edinburgh (Reino Unido), v. 47, n. 9, p. 1066-1067, 2011.
DADOS DA PUBLICAÇÃO		
Título	Education and neuroscience: what kind of marriage?	
Autores	Francis Schrag	
Periódico	Cortex	
ISSN		Qualis (2017/2020)
0010-9452		A1
Ano		2011
Número		Volume
9		47
Intervalo de páginas		1066-1067
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO		

Questão de pesquisa		Objetivo da pesquisa		
Educação e Neurociência: Qual o tipo de relação?		Evidenciar algumas possibilidades da associação entre Neurociência e Educação.		
Palavras-chave do artigo				
O artigo não apresenta palavras-chave.				
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO				
• A autora traz algumas possibilidades de aproximação entre Neurociência e Educação.				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Bibliográfica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	A autora não evidenciou um método de análise específico.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A41.1 – “[...] they have developed training software whose effectiveness with children shows promise” (p. 1066). A41.1 (T) – “[...] eles desenvolveram um software de treinamento cuja eficácia com crianças é promissora” (p. 1066). A41.2 – “[...] a typical exercise might ask a student to determine if a spoken number matches or fails to match the number of symbols simultaneously flashed on the screen” (p. 1066). A41.2 (T) – “[...] um exercício típico pode pedir a um aluno para determinar se um número falado corresponde ou não ao número de símbolos exibidos simultaneamente na tela” (p. 1066). A41.3 – “[...] where parents could be trained to provide the relatively simple exercises for their children at home, so that they can begin school with a number sense closer to that of their peers?” (p. 1067). A41.3 (T) – “[...] onde os pais poderiam ser treinados para fornecer exercícios relativamente simples aos seus filhos em casa, para que possam começar a escola com um sentido numérico mais próximo de seus pares?” (p. 1067). A41.4 – “[...] the reason Gracia-Bafalluy and Noe’l’s training program is innovative” (p. 1067). A41.4 (T) – “[...] “a razão pela qual o programa de treinamento de Gracia-Bafalluy e Noe’l é inovador” (p. 1067).				
Considerações finais sobre neurociência e educação matemática				
O artigo não apresenta uma seção específica de considerações finais.				

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 62 – Ficha de leitura do artigo A42.

Quadro 62 – Ficha de leitura do artigo A42.		
IDENTIFICAÇÃO		
Identificação do artigo	Referência completa	
A42	HARDRÉ, P. L. Motivation for math in rural schools: student and teacher perspectives. Mathematics Education Research Journal . Sidney (Austrália) v. 23, n. 1, p. 213-233, 2011.	
DADOS DA PUBLICAÇÃO		
Título	Motivation for math in rural schools: student and teacher perspectives	
Autores	Patrícia Hardré	
Periódico	Mathematics Education Research Journal	
ISSN	Qualis (2017/2020)	Ano

1033-2170	NA	2011		
Número	Volume	Intervalo de páginas		
1	23	213-233		
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO				
Questão de pesquisa		Objetivo da pesquisa		
Quais fatores podem motivar a aprendizagem de Matemática, em particular nas escolas rurais, na concepção de professores e alunos?		Investigar a motivação em escolas secundárias rurais, com foco particular na Matemática, a partir da perspectiva de professores e alunos.		
Palavras-chave do artigo				
Rural. Math. Motivation.				
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO				
• Geralmente, a Matemática é uma disciplina que os alunos consideram difícil de aprender e os professores consideram difícil ensinar; • Alguns fatores podem contribuir para que os estudantes apresentem dificuldade em Matemática, tais como: características do próprio conteúdo, modelos curriculares e as atitudes dos alunos em sala de aula, dentre outros; • Existe o desafio de motivar os estudantes a aprenderem Matemática em diferentes contextos; • Aprendizagem e motivação estão relacionadas ao cérebro; • Parece que as emoções e a cognição são indissociáveis; • Algumas conceitualizações de motivação; • Fatores afetados pela motivação que influenciam na aprendizagem: interesse, envolvimento e atenção; • Indivíduos em um mesmo contexto podem apresentar motivações diferentes; • Sugere-se que ensinar e aprender tenham efeitos recíprocos. As atitudes dos professores podem ter influência na motivação dos estudantes, do mesmo modo que as atitudes dos estudantes podem ter influência na motivação dos professores; • A forma como os professores motivam os estudantes também está relacionada ao estilo interpessoal do docente (maneira como os professores se relacionam com os estudantes); • Sugere-se que seja possível motivar os estudantes com ações verbais e não verbais; • Existem ações motivacionais que são individuais e outras, podem ser direcionadas para uma turma; • A motivação faz parte do ambiente social e da cultura, nas quais a escola está inserida; • É possível que o contexto da aprendizagem possa ter influência na motivação dos estudantes; • Parece plausível supor que os alunos se motivem para aprender quando: 1) são interessados intrinsecamente pela temática abordada; 2) consideram ser algo importante para seu presente ou futuro, que esteja alinhado com seus objetivos; 3) quando acreditam que podem desenvolver competência; • Sugere-se que a resolução de problemas seja o objetivo básico da Matemática; há diferentes tipos de habilidades requeridas para resolver um problema, tais como: linguísticas e factuais, esquemáticas, estratégicas e processuais; • Alguns componentes motivacionais (interesse, relevância, objetivos, eficácia, competência, autorregulação e autodeterminação); • Simbolismo e abstração são características que fazem os estudantes considerarem a Matemática difícil; • A carga cognitiva de uma tarefa deve ser adequada para não desmotivar o estudante; • Possível classificação da motivação (intrínseca e extrínseca).				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Mista	Descritiva e comparativa	202 professores e 1440 alunos de 25 escolas rurais.	Questionários do tipo likert que avaliaram fatores motivacionais tanto de alunos como de professores e entrevistas semiestruturadas e	Respostas dos participantes aos instrumentos de pesquisa utilizados.

			itens de questionários abertos.	
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	A autora não evidenciou um método de análise específico.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A42.1 – “[...] affect, in the form of attitudes, moods and emotions, arises from experiences and interactions that directly and indirectly influence how learners approach and engage in learning” (p. 214). A42.1 (T) – “[...] o afeto, na forma de atitudes, humores e emoções, surge de experiências e interações que influenciam direta e indiretamente a forma como os alunos abordam e se envolvem na aprendizagem” (p. 214). A42.2 – “[...] we know that teaching and learning have reciprocal effects. What teachers do influences students’ motivation and choices, and what students do influences teachers’ motivation and practice” (p. 214). A42.2 (T) – “[...] sabemos que ensinar e aprender têm efeitos recíprocos. O que os professores fazem, influenciam a motivação e as escolhas dos alunos, e o que os alunos fazem, influenciam a motivação e a prática dos professores” (p. 214). A42.3 – “[...] how teachers motivate students is part of their classroom teaching, but it is also embedded in their interpersonal style as they interact with students anywhere” (p. 214-215). A42.3 (T) – “[...] a forma como os professores motivam os alunos faz parte do seu ensino em sala de aula, mas também está incorporada no seu estilo interpessoal à medida que interagem com os alunos em qualquer lugar” (p. 214-215). A42.4 – “[...] motivation is part of the social setting and culture that pervades classrooms and the school” (p. 215). A42.4 (T) – “[...] a motivação faz parte do ambiente social e da cultura que permeia as salas de aula e a escola” (p. 215). A42.5 – “[...] students’ academic motivation involves a complex set of related factors, including (but not limited to): present and future goals and aspirations, self-perceptions, perceptions of their proximate and distal environments, and interpersonal relationships with teachers and peers” (p. 215). A42.5 (T) – “[...] a motivação acadêmica dos alunos envolve um conjunto complexo de fatores relacionados, incluindo (mas não se limitando a: objetivos e aspirações presentes e futuras, autopercepções, percepções de seus ambientes próximos e distais e relações interpessoais com professores e colegas” (p. 215). A42.6 – “[...] social contexts are critical to learning and motivation, as peers and influential others can have very positive influences on academic motivation, engagement and learning in school” (p. 215). A42.6 (T) – “[...] os contextos sociais são críticos para a aprendizagem e a motivação, uma vez que os pares e outras pessoas influentes podem ter influências muito positivas na motivação acadêmica, no envolvimento e na aprendizagem na escola” (p. 215). A42.7 – “[...] in simple terms, students will engage in and put forth effort to learn those subjects and skill sets that they: 1) enjoy personally and are intrinsically interested in; or 2) see as valuable and useful in their present or relevant and important to their future goals and aspirations; and 3) believe they can learn and develop competence” (p. 215). A42.7 (T) – “[...] em termos simples, os alunos se envolverão e se esforçarão para aprender os assuntos e conjuntos de habilidades que eles: 1) gostam pessoalmente e nos quais estão intrinsecamente interessados; ou 2) consideram valioso e útil no seu presente ou relevante e importante para os seus objetivos e aspirações futuras; e 3) acreditam que podem aprender e desenvolver competências” (p. 215).				

A42.8 – “[...] across all of these task elements, motivational components (such as interest, relevance, goals, efficacy, competence, self-regulation and selfdetermination) permeate the processes of learning and performance” (p. 215-216)

A42.8 (T) – “[...] em todos esses elementos da tarefa, componentes motivacionais (como interesse, relevância, objetivos, eficácia, competência, autorregulação e autodeterminação) permeiam os processos de aprendizagem e desempenho” (p. 215-216).

A42.9 – “[...] a certain level of challenge is motivationally positive, as it contributes to cognitive engagement, but beyond the range in which success is seen as achievable, too much perceived difficulty produces helplessness and giving up” (p. 216).

A42.9 (T) – “[...] um certo nível de desafio é motivacionalmente positivo, pois contribui para o envolvimento cognitivo, mas para além do intervalo em que o sucesso é visto como alcançável, demasiada dificuldade percebida produz desamparo e desistência” (p. 216).

A42.10 – “[...] motivation, especially intrinsic and internal motivation, offers huge potential to support deep learning in math” (p. 216).

A42.10 (T) – “[...] a motivação, especialmente a motivação intrínseca e interna, oferece um enorme potencial para apoiar a aprendizagem profunda em matemática” (p. 216).

A42.11 – “[...] local community and culture affect the success of virtually every educational endeavour” (p. 216).

A42.11 (T) – “[...] a comunidade e a cultura locais afetam o sucesso de praticamente todos os esforços educacionais” (p. 216).

A42.12 – “[...] teachers’ perceptions of students’ motivation for the course were measured with the general motivation subscale of the Perceptions of Student Motivation questionnaire” (p. 219).

A42.12 (T) – “[...] as percepções dos professores sobre a motivação dos alunos para o curso foram medidas com a subescala de motivação geral do questionário Percepções de Motivação dos Alunos” (p. 219).

A42.13 – “[...] students’ general motivation for the class was measured with the Student Engagement and Effort Scale (from Vallerand *et al.* 1997; 1–7 Likert-type scale)” (p. 220).

A42.13 (T) – “[...] a motivação geral dos alunos para a aula foi medida com a Escala de Envolvimento e Esforço do Aluno (de Vallerand *et al.* 1997; escala do tipo Likert de 1 a 7)” (p. 220).

A42.14 – “[...] teachers’ self-efficacy for motivating students was measured with the efficacy subscale of the Motivating Strategies Questionnaire” (p. 220).

A42.14 (T) – “[...] a autoeficácia dos professores para motivar os alunos foi medida com a subescala de eficácia do Motivating Strategies Questionnaire” (p. 220).

A42.15 – “[...] the teacher’s individualized, contextspecific perceptions and strategies for motivating a disengaged student in the class is measured with the Motivating a Disengaged Student Narrative (MDS)” (p. 220)

A42.15 (T) – “[...] as percepções e estratégias individualizadas e específicas do contexto do professor para motivar um aluno desengajado na turma são medidas com a Narrativa Motivando um Aluno Desengajado” (p. 220).

A42.16 – “[...] they had high perceptions of teacher support in the learning” (p. 222).

A42.16 (T) – “[...] eles tinham altas percepções de apoio do professor na aprendizagem” (p. 222).

A42.17 – “[...] shared constructs were: achievement goals, perceived ability, teacher and peer support in the learning environment, teacher’s interpersonal style and overall motivation” (p. 224).

A42.17 (T) – “[...] os construtos partilhados foram: objetivos de realização, capacidade percebida, apoio do professor e dos pares no ambiente de aprendizagem, estilo interpessoal do professor e motivação geral” (p. 224).

A42.18 – “[...] identified motivating strategies for classrooms, distinct from the assumption that teaching content well automatically includes motivating” (p. 226).

A42.18 (T) – “[...] identifiquei estratégias motivacionais para salas de aula, distintas da suposição de que ensinar bem o conteúdo automaticamente inclui motivação” (p. 226).

A42.19 – “[...] they did not ascribe their teaching and motivating strategies for math to particular theoretical or methodological frameworks, but to intuitive responses to student behavior, based mostly on their own judgments and styles, with little anchoring in research or theory” (p. 226).

A42.19 (T) – “[...] eles não atribuíram suas estratégias de ensino e motivação para a Matemática a estruturas teóricas ou metodológicas específicas, mas a respostas intuitivas ao comportamento dos alunos, baseadas, principalmente, em seus próprios julgamentos e estilos, com pouca ancoragem em pesquisa ou teoria” (p. 226).

A42.20 – “[...] These two sets of strategies have the same aims, generally increasing relevance and value of learning by showing how the knowledge and skills are useful to learners; the difference is whether the focus is now or later in their lives” (p. 226)

A42.20 (T) – “[...] estes dois conjuntos de estratégias têm os mesmos objetivos, geralmente aumentando a relevância e o valor da aprendizagem, mostrando como os conhecimentos e a competências são úteis para os alunos; a diferença é se o foco é agora ou mais tarde em suas vidas” (p. 226).

A42.21 – “[...] most of the teachers’ self-reported strategies were externalized rather than internalized; that is, they consisted of telling students what they should do and would want, rather than striving to support students’ own internal desires and interests” (p. 226-227).

A42.21 (T) – “[...] a maioria das estratégias autorrelatadas pelos professores foram externalizadas em vez de internalizadas; isto é, consistiam em dizer aos alunos o que deveriam fazer e o que desejariam, em vez de se esforçarem para apoiar os desejos e interesses internos dos próprios alunos” (p. 226-227).

A42.22 – “[...] commonly identified sources of lack of motivation were rural lack of jobs resulting in family poverty (e.g., “they are poor and have few options here”), rural isolation resulting in lack of experiences outside of the community (e.g., “they never go anywhere, so they have a narrow view of the world”), and rural lack of support for education (e.g., “parents here don’t think their children need a formal education?”)” (p. 227).

A42.22 (T) – “[...] as fontes comumente identificadas de falta de motivação foram a falta de empregos rurais, resultando em pobreza familiar (por exemplo, “eles são pobres e têm poucas opções aqui”), o isolamento rural, resultando em falta de experiências fora da comunidade (por exemplo, “eles nunca vão a lugar nenhum, então eles têm uma visão estreita do mundo”), e falta de apoio rural para a educação (por exemplo, “os pais aqui não acham que seus filhos precisam de uma educação formal?”)” (p. 227)

A42.23 – “[...] about half said that they felt motivation was essential to learning, but most of those treated it as supplemental rather than integrated with learning and development” (p. 227).

A42.23 (T) – “[...] cerca de metade disse que sentia que a motivação era essencial para a aprendizagem, mas a maioria deles a tratou como complementar e não integrada com a aprendizagem e o desenvolvimento” (p. 227).

A42.24 – “[...] more often teachers put math “back into contexts of application”. They drew on practical applications to help students see value and utility in learning math. Some teachers linked math skills to tasks in other classes” (p. 227).

A42.24 (T) – “[...] mais frequentemente, os professores colocam a Matemática “de volta em contextos de aplicação”. Eles recorreram a aplicações práticas para ajudar os alunos a ver o valor e a utilidade no aprendizado da Matemática. Alguns professores vincularam habilidades matemáticas a tarefas em outras aulas” (p. 227).

A42.25 – “[...] another school’s math and arts teachers collaborated to show students how math and art principles applied to projects around their native cultural artifacts. The school principals testified that these strategies had produced increased math interest and improvement in overall math test scores” (p. 228).

A42.25 (T) – “[...] os professores de Matemática e Artes de outra escola colaboraram para mostrar aos alunos como os princípios da Matemática e da Arte se aplicavam a projetos em torno dos seus artefatos culturais nativos. Os diretores da escola testemunharam que essas estratégias produziram um aumento no interesse pela Matemática e uma melhoria nas notas gerais dos testes de Matemática” (p. 228).

A42.26 – “[...] the most common strategies used in the classroom context were subject and content relevance strategies, and those focused on future utility, two sets of closely related strategies” (p. 229).

A42.26 (T) – “[...] as estratégias mais comuns utilizadas no contexto de sala de aula foram estratégias de relevância de disciplina e conteúdo, e aquelas focadas na utilidade futura, dois conjuntos de estratégias intimamente relacionadas” (p. 229).

A42.27 – “[...] teachers can gain great effectiveness in motivation by first understanding where their students are and beginning there” (p. 230).

A42.27 (T) – “[...] os professores podem obter grande eficácia na motivação, primeiro entendendo onde seus alunos estão e começando por aí” (p. 230).

A42.28 – “[...] through exposure to multiple ways to engage and use math, their students can develop linkages (cognitive schema) that cue recall and build even richer cognitive networks, to improve math performance at school, as well as to transfer math distally, outside of school and beyond their current experiences” (p. 230).

A42.28 (T) – “[...] através da exposição a múltiplas formas de envolver e usar a Matemática, os seus alunos podem desenvolver ligações (esquema cognitivo) que estimulam a recordação e constroem redes cognitivas ainda mais ricas, para melhorar o desempenho em Matemática na escola, bem como para transferir a Matemática distalmente, fora da escola além das suas experiências atuais” (p. 230).

A42.29 – “[...] as they succeed in recalling, understanding and using math, they gain efficacy and motivation to take on greater math challenges” (p. 230).

A42.29 (T) – “[...] à medida que conseguem recordar, compreender e usar a matemática, ganham eficácia e motivação para enfrentar maiores desafios matemáticos” (p. 230).

A42.30 – “[...] more integration of task and project work across subjects could reduce perceived differences and leverage the relevance and utility of skills that students can do and will do” (p. 230).

A42.30 (T) – “[...] uma maior integração do trabalho de tarefas e projetos entre disciplinas poderia reduzir as diferenças percebidas e alavancar a relevância e a utilidade das habilidades que os alunos podem realizar e irão realizar” (p. 230).

A42.31 – “[...] specific and strategic integration of math and science into activities with local, rural relevance and current meaningfulness for students can strengthen motivation across school subjects, by leveraging the power of re-integrating the cognitive and affective, the mind and feelings that are critical to balanced development of the whole person” (p. 230).

A42.31 (T) – “[...] a integração específica e estratégica da Matemática e das Ciências em atividades com relevância local e rural e com significado atual para os alunos pode fortalecer a motivação em todas as disciplinas escolares, aproveitando o poder de reintegrar o cognitivo e o afetivo, a mente e os sentimentos que são fundamentais para o desenvolvimento equilibrado de toda a pessoa” (p. 230).

Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática

O Artigo não apresenta seção específica de considerações finais.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 63 – Ficha de leitura do artigo A43.

IDENTIFICAÇÃO				
Identificação do artigo		Referência completa		
A43		THOMAS, M. O. J.; WILSON, A. J.; CORBALLIS, M. C.; LIM, V. K. YOON, C. Evidence from cognitive neuroscience for the role of graphical and algebraic representations in understanding function. <i>ZDM</i> . Hamburgo (Alemanha), v. 42, n. 1, p. 607-619, 2010.		
DADOS DA PUBLICAÇÃO				
Título		Evidence from cognitive neuroscience for the role of graphical and algebraic representations in understanding function		
Autores		Michael Thomas, Anna Wilson, Michael Corballis, Vanessa Lim e Caroline Yoon		
Periódico		ZDM		
ISSN		Qualis (2017/2020)		Ano
1863-9690		A1		2010
Número		Volume		Intervalo de páginas
1		42		607-619
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO				
Questão de pesquisa		Objetivo da pesquisa		
Os autores não explicitaram uma questão de pesquisa.		Examinar a atividade cerebral de estudantes por meio de ressonância magnética funcional em atividades de tradução entre formatos gráficos e algébricos de funções lineares e quadráticas.		
Palavras-chave do artigo				
Representation. Conversion. Function. FMRI. Versatility. Mathematical cognition. Algebra. Graphs.				
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO				
- Sugere-se que seja difícil avaliar a compreensão de conceitos matemáticos usando métodos tradicionais de pesquisa, embora se reconheça que observações e entrevistas forneçam boas indicações; - Sugere-se que o sulco intraparietal e o giro frontal inferior sejam ativados durante a realização de transformações gráficas e algébricas de funções lineares e quadráticas; - A pesquisa em Neurociência Cognitiva pode oferecer subsídios à Educação Matemática; - Sugere-se que função seja um conceito fundamental da Matemática; - Sugere-se que mover-se rapidamente entre diferentes representações (por exemplo, gráficas e algébricas) seja fundamental para a compreensão avançada de conceitos de Matemática; - Sugere-se que muitos professores possuam dificuldades relacionadas ao conceito de função; - Parece haver dificuldade por parte dos estudantes de vincularem diferentes representações de função; - Um dos fatores que pode influenciar a dificuldade dos estudantes em Matemática é sua natureza simbólica; - Modelo Semiótico de Peirce; - Quanto mais complexo um sistema de representação, mais difícil ele é; - Breve explicação sobre o funcionamento da ressonância magnética; - Sugere-se que o processamento numérico esteja associado ao lobo parietal e frontal.				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Mista	Os autores não especificaram o tipo de pesquisa.	10 estudantes universitários	Não se aplica	Respostas às perguntas relacionadas às funções apresentadas e algumas perguntas abertas.
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				

Método de análise	Os autores não evidenciaram um método de análise específico.
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática	
A43.1 – “[...] an ability to rapidly move between representations is the key to advanced understanding and thinking about, as well as teaching, function” (p. 608).	
A43.1 (T) – “[...] a capacidade de mover-se rapidamente entre as representações é a chave para uma compreensão e reflexão avançadas sobre a função, bem como para o ensino” (p. 608).	
A43.2 – “[...] its concepts are conveyed via this multiplicity of signs, with each sign emphasising or de-emphasising different characteristics of a concept” (p. 608).	
A43.2 (T) – “[...] seus conceitos são veiculados por meio dessa multiplicidade de signos, com cada signo enfatizando ou desvalorizando diferentes características de um conceito” (p. 608).	
A43. 3 – “[...] hence, flexible or versatile thinking is an important aspect of mathematical learning” (p. 608).	
A43.3 (T) – “[...] portanto, o pensamento flexível ou versátil é um aspecto importante da aprendizagem matemática” (p. 608).	
A43.4 – “[...] which found that activation in pre-selected regions of interest in the IPS and prefrontal cortex increased with increasing equation difficulty (number of transformations required to solve)” (p. 610).	
A43.4 (T) – “[...] que descobriu que a ativação em regiões de interesse pré-selecionadas no IPS e no córtex pré-frontal aumentava com o acréscimo da dificuldade da equação (número de transformações necessárias para resolver)” (p. 610).	
A43.5 – “[...] Sohn <i>et al.</i> (2004) examined brain areas associated with representing functions in different formats. Participants memorised functions in either verbal or algebraic formats. They were scanned whilst solving for a variable in the memorised equations by substitution. The anterior dorsolateral prefrontal cortex was more active for retrieval of verbal functions, whereas bilateral posterior parietal cortices were more active for algebraic functions. Whilst this study suggests that different brain areas are involved in recalling different representations, it did not require participants to translate between representations” (p. 610).	
A43.5 (T) – “[...] Sohn <i>et al.</i> (2004) examinaram áreas do cérebro associadas à representação de funções em diferentes formatos. Os participantes memorizaram funções em formato verbal ou algébrico. Eles foram escaneados enquanto se resolvia uma variável nas equações memorizadas por substituição. O córtex pré-frontal dorsolateral anterior foi mais ativo para a recuperação de funções verbais, enquanto os córtices parietais posteriores bilaterais foram mais ativos para funções algébricas. Embora este estudo sugira que diferentes áreas do cérebro estão envolvidas na recordação de diferentes representações, não exigiu que os participantes traduzissem entre representações” (p. 610).	
A43.6 – “[...] thus, for this group there was a tendency to value and to use visual imagery, particularly in their personal learning of mathematics” (p. 613).	
A43.6 (T) – “[...] assim, para este grupo havia uma tendência a valorizar e utilizar imagens visuais, particularmente na sua aprendizagem pessoal da matemática” (p. 613).	
A43.7 – “[...] with all of them agreeing that they tried to remember ‘key aspects’ or properties of the graphs or equations, such as the slope or intercept” (p. 613).	
A43.7 (T) – “[...] com todos concordando que tentaram lembrar ‘aspectos-chave’ ou propriedades dos gráficos ou equações, como a inclinação ou interceptação” (p. 613).	
A43.8 – “[...] after seeing the equation I tried to plot the graph before it came up [i.e. mentally] so I wouldn’t need to see the graph & then work it back to the equation” (p. 614).	
A43.8 (T) – “[...] depois de ver a equação, tentei traçar o gráfico antes que ele aparecesse [ou seja, mentalmente] então eu não precisaria ver o gráfico e depois trabalhar de volta na equação” (p. 614).	

A43.9 – “[...] this suggests that a focus of instruction on number sense and spatial cognition is critical not only for mastery of number, but also for more advanced mathematical concepts” (p. 616).

A43.9 (T) – “[...] isto sugere que um foco de instrução no sentido numérico e na cognição espacial é crítico não apenas para o domínio dos números, mas também para conceitos matemáticos mais avançados” (p. 616).

A43.10 – “[...] teachers may be able to facilitate this by asking questions designed to explicitly focus attention on relevant properties, or by ensuring that there is a match between the focus of their own and their students’ attention” (p. 617).

A43.10 (T) – “[...] os professores podem ser capazes de facilitar isso fazendo perguntas destinadas a focar explicitamente a atenção em propriedades relevantes, ou garantindo que haja uma correspondência entre o seu próprio foco e a atenção dos alunos” (p. 617).

Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática

Não foram extraídas unidades de sentido dessa seção do artigo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 64 – Ficha de leitura do artigo A44.

Quadro 64 – Ficha de leitura do artigo A44.

IDENTIFICAÇÃO				
Identificação do artigo		Referência completa		
A44		ALDOUS, C. R. Attending to feeling: Productive benefit to novel mathematics problem-solving. International Education Journal . Sidney (Austrália), v. 7, n. 4, p. 410-422, 2006.		
DADOS DA PUBLICAÇÃO				
Título		Attending to feeling: Productive benefit to novel mathematics problem-solving		
Autores		Carol Aldous		
Periódico		International Education Journal		
ISSN		Qualis (2017/2020)		Ano
1443-1475		B1		2006
Número		Volume		Intervalo de páginas
4		7		410-422
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO				
Questão de pesquisa			Objetivo da pesquisa	
De que modo os sentimentos podem influenciar na resolução de problemas matemáticos?			Descobrir sistemas cognitivos e não cognitivos de raciocínio usados na resolução de novos problemas.	
Palavras-chave do artigo				
Problem solving; feeling cognitions; mathematics; causal model				
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO				
Definição de sentimento.				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Mista	Os autores não especificaram o tipo de pesquisa	405 estudantes do 7º ao 10º ano	Questionário do Sistemas de Raciocínio	Resultado dos questionários aplicados.
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	A autora não evidenciou um método de análise específico.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A44.1 – “[...] Feeling and intuition, by this introspective account, played an important role in mathematical reasoning” (p. 410)				
A44.1 (T) – “[...] O sentimento e a intuição, por esta explicação introspectiva, desempenharam um papel importante no raciocínio matemático” (p. 410)				

A44.2 – “[...] attending to feeling (or intuition) figured just as highly if not more highly than attending to memory” (p. 410)

A44.2 (T) – “[...] atender ao sentimento (ou intuição) é tão importante, se não mais, do que atender à memória” (p. 410)

A44.3 – “[...] Thus the definition of feeling, referred to in the above account, and the one adopted in this paper is specific, meaning a ‘feeling of a new intellectual order’ or a ‘feeling of cognition’. This feeling represents a form of information processing that signals the formation of a new structure or coherence still eluding conscious appraisal” (p. 410)

A44.3 (T) – “[...] Assim, a definição de sentimento, referida no relato acima e a adotada neste artigo, é específica, significando um “sentimento de uma nova ordem intelectual” ou um “sentimento de cognição”. Este sentimento representa uma forma de processamento de informação que sinaliza a formação de uma nova estrutura ou coerência que ainda escapa à avaliação consciente” (p. 410)

A44.4 – “[...] the term feeling does not refer to the larger emotive states (such as anger, fear or despair) although they must inevitably be related, but rather to the more subtle affective states, such as feelings of knowing, associated with inspiration and intuition in the novel problem-solving process” (p. 410-411)

A44.4 (T) – “[...] o termo sentimento não se refere aos estados emotivos mais amplos (como raiva, medo ou desespero), embora devam inevitavelmente estar relacionados, mas sim aos estados afetivos mais sutis, como sentimentos de conhecimento, associados à inspiração e intuição no romance processo de resolução de problemas” (p. 410-411)

A44.5 – “[...] In each model there is a large effect of Play on Motiv, with students who like novel problems and who both play and enjoy mathematics games and puzzles being more intrinsically motivated” (p. 417)

A44.5 (T) – “[...] Em cada modelo há um grande efeito do Brincar no Motiv, com os alunos que gostam de problemas novos e que jogam e gostam de jogos matemáticos e quebra-cabeças sendo mais motivados intrinsecamente” (p. 417)

A44.6 – “[...] This indicates that intrinsically motivated students employ higher levels of the Free-flowing and Systematic approaches to reasoning” (p. 419)

A44.6 (T) – “[...] Isto indica que os alunos intrinsecamente motivados empregam níveis mais elevados de abordagens de raciocínio de fluxo livre e sistemático” (p. 419)

A44.7 – “[...] This reveals cognitive processing to be dependent on the outcome of non-cognitive processing for its successful execution” (p. 420)

A44.7 (T) – “[...] Isso revela que o processamento cognitivo depende do resultado do processamento não cognitivo para sua execução bem-sucedida” (p. 420)

Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática

A44.8 – “[...] It found, contrary to popular belief, that the non-cognitive feeling aspect of novel problem solving, rather than the cognitive rule based aspect, is what is crucial to success” (p. 421)

A44.8 (T) – “[...] Descobriu, ao contrário da crença popular, que o aspecto do sentimento não cognitivo da resolução de novos problemas, e não o aspecto cognitivo baseado em regras, é o que é crucial para o sucesso” (p. 421)

A44.9 – “[...] Reduced emotion and feeling impairs the ability to make a decision” (p. 421)

A44.9 (T) – “[...] A emoção e o sentimento reduzidos prejudicam a capacidade de tomar uma decisão” (p. 421)

A44.10 – “[...] Thus if rationality is to be increased due attention must be given to feeling” (p. 421)

A44.10 (T) – “[...] Assim, para aumentar a racionalidade, deve-se dar a devida atenção ao sentimento” (p. 421).

A44.11 – “[...] that they should recognise that by attending to feeling, greater rationality and novel problem solving productivity, are more likely to be achieved” (p. 421)

A44.11 (T) – “[...] que eles devem reconhecer que, ao atender aos sentimentos, é mais provável que sejam alcançadas maior racionalidade e produtividade na resolução de novos problemas” (p. 421).

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 65 – Ficha de leitura do artigo A45.

Quadro 65 – Ficha de leitura do artigo 145.

IDENTIFICAÇÃO				
Identificação do artigo		Referência completa		
A45		FEILER, J. B.; STABIO, M. E. Three pillars of educational neuroscience from three decades of literature. Trends in Neuroscience and Education . Leimgrubenweg (Alemanha), v. 13, n. 1, p. 17-25, 2018.		
DADOS DA PUBLICAÇÃO				
Título		Three pillars of educational neuroscience from three decades of literature		
Autores		Jacob Feiler e Maureen Stabio		
Periódico		Trends in Neuroscience and Education		
ISSN		Qualis (2017/2020)		Ano
2211-9493		A2		2018
Número		Volume		Intervalo de páginas
1		13		17-25
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO				
Questão de pesquisa			Objetivo da pesquisa	
O que é a Neurociência Educacional?			O objetivo deste trabalho é caracterizar os fundamentos temáticos do campo, representados pela literatura	
Palavras-chave do artigo				
Educational neuroscience; neuroeducation; mind; brain and education				
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO				
Diferentes definições de Neurociência Educacional.				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Revisão Sistemática de Literatura	Não se aplica	Ficha de leitura elaborada pelos autores	64 estudos, selecionados após aplicação de critérios de inclusão e exclusão
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	Os autores não evidenciaram um método de análise específico.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A45.1 – “[...] New discoveries of child brain development, including the cognitive networks and contexts underlying learning and motivation have the potential to revolutionize school systems across the world” (p. 17)				
A45.1 (T) – “[...] Novas descobertas sobre o desenvolvimento do cérebro infantil, incluindo as redes cognitivas e os contextos subjacentes à aprendizagem e à motivação, têm o potencial de revolucionar os sistemas escolares em todo o mundo” (p. 17)				

A45.2 – “[...] educational neuroscience is not just a way to improve, explain or analyze teaching, but is far broader; it seeks to explain how students learn and how learning changes the brain and then apply these findings to into the classroom” (p. 17)

A45.2 (T) – “[...] a neurociência educacional não é apenas uma forma de melhorar, explicar ou analisar o ensino, mas é muito mais ampla; procura explicar como os alunos aprendem e como a aprendizagem muda o cérebro e depois aplicar essas descobertas na sala de aula” (p. 17)

A45.3 – “[...] Each definition in the literature fell broadly into one of three major themes: definitions that focus on the application of neuroscience into the classroom to improve educational practice, definitions that focus on collaboration or integration of multiple disciplines, and definitions that focus on bridging or translating language from different disciplines” (p. 18)

A45.3 (T) – “[...] Cada definição na literatura enquadra-se amplamente em um dos três temas principais: definições que se concentram na aplicação da Neurociência na sala de aula para melhorar a prática educacional, definições que se concentram na colaboração ou integração de múltiplas disciplinas e definições que se concentram em unir ou traduzir linguagem de diferentes disciplinas” (p. 18)

A45.4 – “[...] The key is that the impact of educational neuroscience is not merely in discoveries made but in its potential to “[improve] educational practices” (p. 18)

A45.4 (T) – “[...] A chave é que o impacto da neurociência educacional não está apenas nas descobertas feitas, mas no seu potencial para [melhorar] as práticas educativas” (p. 18).

A45.5 – “[...] This study determined that younger students utilize different brain regions to learn arithmetic compared to older students” (p. 18)

A45.5 (T) – “[...] Este estudo determinou que os alunos mais jovens utilizam diferentes regiões do cérebro para aprender aritmética em comparação com os alunos mais velhos” (p. 18)

A45.6 – “[...] Because older students lack activation in regions used by younger students, it is suggested that as children grow, they depend less on working memory and attention when solving math problems” (p. 18)

A45.6 (T) – “[...] Como os alunos mais velhos carecem de ativação nas regiões utilizadas pelos alunos mais novos, sugere-se que, à medida que as crianças crescem, dependam menos da memória de trabalho e da atenção para resolver problemas de matemática” (p. 18).

A45.7 – “[...] the conclusions drawn from this study can be applied into the classroom strategically if teachers provide skills training for younger students to help them improve working memory and attention, in parallel to (or prior to) lessons on arithmetic” (p. 18-19)

A45.7 (T) – “[...] as conclusões tiradas deste estudo podem ser aplicadas estrategicamente na sala de aula se os professores fornecerem formação de competências aos alunos mais jovens para os ajudar a melhorar a memória de trabalho e a atenção, em paralelo (ou antes) das aulas de aritmética” (p. 18-19).

A45.8 – “[...] claim that such interdisciplinary work provides for a smooth transition between various disciplines and encourages multi-level analysis to answer difficult questions” (p. 20)

A45.8 (T) – “[...] afirmam que esse trabalho interdisciplinar proporciona uma transição suave entre várias disciplinas e incentiva a análise em vários níveis para responder a questões difíceis” (p. 20)

A45.9 – “[...] the need to translate the technical language of neuroscience) is particularly emphasized in many discussions of the field” (p. 20)

A45.9 (T) – “[...] a necessidade de traduzir a linguagem técnica da Neurociência é, particularmente, enfatizada em muitas discussões da área” (p. 20).

A45.10 – “[...] it is important to make the technical literature more accessible to educators who may not have had advanced training in the biological sciences” (p. 20)

A45.10 (T) – “[...] é importante tornar a literatura técnica mais acessível aos educadores que podem não ter tido formação avançada nas ciências biológicas” (p. 20)

A45.11 – “[...] neuroscientists consider the brain as the main component involved in learning, but educationists examine the impact of various environments and settings on student learning” (p. 20)

A45.11 (T) – “[...] os neurocientistas consideram o cérebro como o principal componente envolvido na aprendizagem, mas os educadores examinam o impacto de vários ambientes e configurações na aprendizagem dos alunos” (p. 20)

A45.12 – “[...] neuroscience cannot be applied to the classroom because teachers and students are unable to transfer neuroscience directly into useful educational practices” (p. 21)

A45.12 (T) – “[...] a neurociência não pode ser aplicada à sala de aula porque professores e alunos são incapazes de transferir a neurociência diretamente para práticas educacionais úteis” (p. 21)

A45.13 – “[...] Because educational effectiveness is measured on a behavioral level, neuroscience can only inform the psychology of learning, which in turn informs behavior and, thus, education” (p. 21)

A45.13 (T) – “[...] Como a eficácia educacional é medida a nível comportamental, a neurociência só pode informar a psicologia da aprendizagem, que por sua vez informa o comportamento e, portanto, a educação” (p. 21)

A45.14 – “[...] however, that direct paths from neuroscience to education can be made; for example, suggest the impact of metabolism, exercise, nutrition, stress hormones, or environmental pollutants on brain function (including learning) can be examined without psychological approaches or interpretations” (p. 21)

A45.14 (T) – “[...] no entanto, é possível traçar caminhos diretos da Neurociência para a educação; por exemplo, sugerem que o impacto do metabolismo, do exercício, da nutrição, das hormonas do stress ou dos poluentes ambientais na função cerebral (incluindo a aprendizagem) pode ser examinado sem abordagens ou interpretações psicológicas” (p. 21).

A45.15 – “[...] Neuromyths spawn from challenges in the communication of educational neuroscience, rather than the validity of the science itself; such communication challenges are not unique to educational neuroscience, but common to all translational or applied sciences that engage multiple disciplines” (p. 21)

A45.15 (T) – “[...] Os neuromitos surgem de desafios na comunicação da neurociência educacional, e não da validade da própria ciência; tais desafios de comunicação não são exclusivos da neurociência educacional, mas comuns a todas as ciências translacionais ou aplicadas que envolvem múltiplas disciplinas” (p. 21)

A45.16 – “[...] Several authors claim that we should use educational neuroscience itself to counter neuromyths that lead to ineffective or unsupported instructional methods (e.g. right brain/left brain and learning)” (p. 22)

A45.16 (T) – “[...] Vários autores afirmam que deveríamos usar a própria neurociência educacional para combater os neuromitos que levam a métodos de ensino ineficazes ou sem suporte (por exemplo, cérebro direito/cérebro esquerdo e aprendizagem)” (p. 22)

A45.17 – “[...] This can be achieved by suggesting that educators have access to training in basic neuroscience or scientific methods. This training could empower teachers with the knowledge to refute and dismiss neuromyths, which would prevent them and other teachers from adopting ill-researched methodologies in the classroom” (p. 22)

A45.17 (T) – “[...] Isto pode ser conseguido sugerindo que os educadores tenham acesso à formação em neurociências básicas ou métodos científicos. Esta formação poderia capacitar os professores com o conhecimento necessário para refutar e descartar os neuromitos, o que impediria que eles e outros professores adotassem metodologias mal pesquisadas na sala de aula” (p. 22)

A45.18 – “[...] Regarding the neuromyth of learning styles (e.g. visual, auditory, kinesthetic), the authors claim that this practice leads to students neglecting other learning modalities, as the students are taught based on their preferred style of learning” (p. 22)

A45.18 (T) – “[...] Em relação ao neuromito dos estilos de aprendizagem (por exemplo, visual, auditivo, cinestésico), os autores afirmam que esta prática leva os alunos a negligenciarem outras modalidades de aprendizagem, uma vez que os alunos são ensinados com base no seu estilo de aprendizagem preferido” (p. 22)

A45.19 – “[...] application, interdisciplinary, and translation of language” (p. 23)

A45.19 (T) – “[...] aplicação, interdisciplinaridade e tradução da linguagem” (p. 23)

A45.20 – “[...] Instead, these devices can actually have negative impacts in the classroom, where these devices can inhibit neuroplasticity, lead to addiction behavior, distract classmates, and lead to lower performance on exams” (p. 23)

A45.20 (T) – “[...] Em vez disso, estes dispositivos podem, na verdade, ter impactos negativos na sala de aula, onde podem inibir a neuroplasticidade, levar a comportamentos de dependência, distrair os colegas e levar a um desempenho inferior nos exames” (p. 23)

A45.21 – “[...] The majority of research in educational neuroscience has been focused on elementary education, but there is a great potential for the field to impact how we train adult students, including medical students, doctoral students, law school students, and business students” (p. 23)

A45.21 (T) – “[...] A maioria das pesquisas em neurociência educacional tem se concentrado no Ensino Fundamental, mas há um grande potencial para o campo impactar a forma como treinamos estudantes adultos, incluindo estudantes de medicina, estudantes de doutorado, estudantes de direito e estudantes de administração” (p. 23)

Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática

A45.22 – “[...] Our work reveals that the field of educational neuroscience over the last 30 years has been defined by three major themes that include application, interdisciplinary collaboration, and translation of language” (p. 23)

A45.22 (T) – “[...] Nosso trabalho revela que o campo da neurociência educacional nos últimos 30 anos foi definido por três temas principais que incluem aplicação, colaboração interdisciplinar e tradução da linguagem” (p. 23)

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 66 – Ficha de leitura do artigo A46.

Quadro 66 – Ficha de leitura do artigo A46.

IDENTIFICAÇÃO		
Identificação do artigo		Referência completa
A46		MARESCHAL, D. The neuroscience of conceptual learning in science and mathematics. Current Opinion in Behavioral Sciences . Michigan (Estados Unidos), v, 10, n. 1, p. 114-118, 2016.
DADOS DA PUBLICAÇÃO		
Título		The neuroscience of conceptual learning in science and mathematics
Autores		Denis Mareschal
Periódico		Current Opinion in Behavioral Sciences
ISSN		Qualis (2017/2020)
2352-1546		A1
Número		Volume
1		10
		Intervalo de páginas
		114-118
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO		
Questão de pesquisa		Objetivo da pesquisa

Existe alguma evidência comportamental (relevante para os profissionais da educação) da importância das competências inibitórias na aprendizagem da Matemática e das Ciências?		Rever o papel que os conceitos desempenham na aprendizagem da Matemática e das Ciências e explorar como o cérebro controla as muitas crenças concorrentes que temos em mente a qualquer momento, de uma forma que nos permite assumir novas ideias.		
Palavras-chave do artigo				
O artigo não apresenta palavras-chave				
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO				
Melhorar o controle inibitório é um fator chave na aprendizagem de novos fatos científicos e matemáticos.				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Qualitativa	Bibliográfica	Não se aplica	Não se aplica	Não houve seleção específica de corpus
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	O autor não explicitou o método de análise utilizado para tratamento dos dados.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A46.1 – “[...] suggests that improving inhibitory control is a key factor in learning new scientific and mathematical facts” (p. 114)				
A46.1 (T) – “[...] sugere que melhorar o controle inibitório é um fator chave na aprendizagem de novos fatos científicos e matemáticos” (p. 114)				
A46.2 – “[...] any pupil aiming to acquire ‘new’ concepts in science and mathematics needs to overcome the strong pull of existing beliefs that have served them so well until then” (p. 114)				
A46.2 (T) – “[...] qualquer aluno que pretenda adquirir ‘novos’ conceitos em ciências e matemática precisa superar a forte atração das crenças existentes que tão bem lhes serviram até então” (p. 114)				
A46.3 – “[...] in mathematics, the child needs to go beyond the perceptually obvious solutions to understand and apply formal logical solutions to a problem” (p. 114)				
A46.3 (T) – “[...] em matemática, a criança precisa ir além das soluções perceptualmente óbvias para compreender e aplicar soluções lógicas formais a um problema” (p. 114)				
A46.4 – “[...] A key element of learning any new concepts is the need to overcome strongly held prior beliefs about a domain before new knowledge can be effectively assimilated” (p. 114)				
A46.4 (T) – “[...] Um elemento-chave para aprender quaisquer novos conceitos é a necessidade de superar crenças anteriores fortemente arraigadas sobre um domínio antes que o novo conhecimento possa ser efetivamente assimilado” (p. 114)				
A46.5 – “[...] Thus, a major challenge in mathematics and science education is the need for children to inhibit pre-existing beliefs or superficial perception” (p. 114)				
A46.5 (T) – “[...] Assim, um grande desafio na educação matemática e científica é a necessidade de as crianças inibirem crenças pré-existentes ou percepções superficiais” (p. 114)				
A46.6 – “[...] Two general distinctions are identified: (1) a spatial one, whereby ‘perceptual’ processing is associated with more posterior activity, over the areas involved in the first steps of visual analysis, while more				

abstract processing is associated with frontal and temporal activity, and (2) a temporal one, whereby 'perceptual' processing precedes more abstract 'conceptual' analysis" (p. 115)

A46.6 (T) – “[...] Duas distinções gerais são identificadas: (1) uma espacial, em que o processamento 'perceptivo' está associado a uma atividade mais posterior, sobre as áreas envolvidas nas primeiras etapas da análise visual, enquanto o processamento mais abstrato está associado à atividade frontal e temporal, e (2) temporal, em que o processamento 'perceptual' precede uma análise 'conceitual' mais abstrata” (p. 115)

A46.7 – “[...] Access to this conceptual knowledge therefore requires executive control to leverage those parts of the network that are helpful for the current task and suppress the rest” (p. 115)

A46.7 (T) – “[...] O acesso a este conhecimento conceitual requer, portanto, controle executivo para alavancar as partes da rede que são úteis para a tarefa atual e suprimir o resto” (p. 115)

A46.8 – “[...] a key challenge is to overcome interference and inhibit irrelevant information while activating the relevant information” (p. 115)

A46.8 (T) – “[...] um desafio fundamental é superar a interferência e inibir informações irrelevantes enquanto ativa as informações relevantes” (p. 115)

A46.9 – “[...] This suggests that training executive control skills (such as general working memory capacity or inhibitory controls) without embedding the training within a specific knowledge domains may not have as much impact on the control of knowledge astraining within a target domain” (p. 115)

A46.9 (T) – “[...] Isto sugere que o treinamento de habilidades de controle executivo (como capacidade geral de memória de trabalho ou controles inibitórios) sem incorporar o treinamento em domínios de conhecimento específicos pode não ter tanto impacto no controle do conhecimento quanto o treinamento em um domínio-alvo” (p. 115)

A46.10 – “[...] Indeed, a recent review of the effectiveness of executive functioning training [38] finds that there is little evidence of transfer from training on abstract executive function tasks to academic skills, although embedding such activities within the classroom appears to be much more effective” (p. 115)

A46.10 (T) – “[...] Na verdade, uma análise recente da eficácia da formação em funções executivas revela que há pouca evidência de transferência da formação em tarefas abstratas de funções executivas para competências acadêmicas, embora a incorporação de tais atividades na sala de aula pareça ser muito mais eficaz” (p. 115)

A46.11 – “[...] This analysis revealed that, unlike adults, children primarily engage the frontal cortex when solving numerical tasks” (p. 115)

A46.11 (T) – “[...] Esta análise revelou que, ao contrário dos adultos, as crianças envolvem principalmente o córtex frontal ao resolver tarefas numéricas” (p. 115)

A46.12 – “[...] with increasing age, there is a shift from a reliance on the frontal cortex to reliance on the parietal cortex in mathematical reasoning tasks, perhaps due to reduced cognitive load as children gradually acquire expertise in mathematics” (p. 115)

A46.12 (T) – “[...] com o aumento da idade, há uma mudança de uma dependência do córtex frontal para uma dependência do córtex parietal em tarefas de raciocínio matemático, talvez devido à redução da carga cognitiva à medida que as crianças gradualmente adquirem conhecimentos em matemática” (p. 115).

A46.13 – “[...] Given the prolonged development of the frontal lobes it is not possible to be entirely sure that functions observed in the developing brain are identical to those observed in the mature adult brain, even if the activation patterns are similar” (p. 116)

A46.13 (T) – “[...] Dado o desenvolvimento prolongado dos lobos frontais, não é possível ter certeza absoluta de que as funções observadas no cérebro em desenvolvimento sejam idênticas às observadas no cérebro adulto maduro, mesmo que os padrões de ativação sejam semelhantes” (p. 116)

A46.14 – “[...] This suggested that the experts’ misconceptions in mechanics had not been eradicated or transformed during learning but rather that they had remained encoded in their brains and were then inhibited to provide a correct answer” (p. 116)

A46.14 (T) – “[...] Isto sugeria que os conceitos errados dos especialistas em mecânica não tinham sido erradicados ou transformados durante a aprendizagem, mas sim que permaneciam codificados nos seus cérebros e eram então inibidos para fornecer uma resposta correta” (p. 116).

A46.15 – “[...] Finally, recent research suggests that executive function skills, such as suppressing distracting information and unwanted responses (inhibition) play a critical role in the development of mathematics proficiency” (p. 116)

A46.15 (T) – “[...] Finalmente, pesquisas recentes sugerem que as habilidades de funções executivas, como suprimir informações que distraem e respostas indesejadas (inibição), desempenham um papel crítico no desenvolvimento da proficiência em matemática” (p. 116)

A46.16 – “[...] The continued development of prefrontal lobes during early adolescence would imply an improvement with age in students’ abilities to inhibit task-irrelevant information and coordinate task-relevant information, thereby enhancing their scientific reasoning abilities as well as their ability to reject scientific misconceptions and accept scientific conceptions, well into adolescence” (p. 116)

A46.16 (T) – “[...] O desenvolvimento contínuo dos lobos pré-frontais durante o início da adolescência implicaria uma melhoria com a idade nas capacidades dos alunos para inibir informações irrelevantes para a tarefa e coordenar informações relevantes para a tarefa, melhorando assim as suas capacidades de raciocínio científico, bem como a sua capacidade de rejeitar equívocos científicos e aceitar conceitos científicos, concepções, até a adolescência” (p. 116)

Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática

A46.17 – “[...] A few interventions have begun to implement cognitive control training within the classroom environment or within mathematics and science teaching” (p. 116)

A46.17 (T) – “[...] Algumas intervenções começaram a implementar o treinamento de controle cognitivo no ambiente de sala de aula ou no ensino de Matemática e Ciências” (p. 116)

A46.18 – “[...] Results show long-term effects and more generalizable benefits when the training is embedded within the curriculum than when it is not” (p. 116)

A46.18 (T) – “[...] Os resultados mostram efeitos a longo prazo e benefícios mais generalizáveis quando a formação está incorporada no currículo do que quando não está” (p. 116)

A46.19 – “[...] It is reassuring to note that the recent emphasis on the importance of inhibitory control in learning science and mathematics, which emerges from the cognitive neuroscience research, is entirely consistent with older practice-based recommendations to encourage students to take a moment of ‘waiting time’ before responding during science lessons” (p. 116)

A46.19 (T) – “[...] É reconfortante notar que a ênfase recente na importância do controle inibitório na aprendizagem das Ciências e da Matemática, que emerge da investigação em neurociência cognitiva, é inteiramente consistente com recomendações mais antigas baseadas na prática para encorajar os alunos a reservar um momento de “tempo de espera” antes de responder durante as aulas de ciências” (p. 116)

A46.20 – “[...] While there is already a sense among teachers that inhibitory control is a foundational skill in mathematics learning, feeding back the cognitive neuroscience evidence can only strengthen this conviction and further improve practice” (p. 117)

A46.20 (T) – “[...] Embora já exista entre os professores a sensação de que o controle inibitório é uma habilidade fundamental na aprendizagem da Matemática, retroalimentar as evidências da neurociência cognitiva só pode fortalecer essa convicção e melhorar ainda mais a prática” (p. 117)

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 67 – Ficha de leitura do artigo A47.

IDENTIFICAÇÃO				
Identificação do artigo		Referência completa		
A47		PIETTE, C.; TOUBOUL, J.; VENANCE, L. Engrams of fast learning. Frontiers in Cellular Neuroscience . United Kingdom (Londres), v. 14, n. 1, p. 1-11, 2020.		
DADOS DA PUBLICAÇÃO				
Título		Engrams of fast learning		
Autores		Charlotte Piette, Jonathan Touboul e Laurent Venance		
Periódico		Frontiers in Cellular Neuroscience		
ISSN		Qualis (2017/2020)		Ano
1662-5102		A3		2020
Número		Volume		Intervalo de páginas
1		14		1-11
DADOS INTRODUTÓRIOS DA PUBLICAÇÃO				
Questão de pesquisa			Objetivo da pesquisa	
Quais as mudanças neuronais e sinápticas estão associadas ao aprendizado rápido?			Revisar as mudanças neuronais e sinápticas de longo prazo associadas ao aprendizado rápido em mamíferos e discutir algumas hipóteses relacionadas aos seus mecanismos subjacentes.	
Palavras-chave do artigo				
Fast learning; one-shot learning (OSL); memory engram; synaptic plasticity (LTP/LTD); neuromodulation; neurocomputational models; artificial intelligence				
PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO				
• Definição de engramas.				
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO				
Abordagem de pesquisa	Tipo de pesquisa	Participantes	Instrumento de coleta de dados	Corpus do estudo
Mista	exploratória	Escolhidos intencionalmente	Ressonância magnética	Resultados dos exames realizados.
ASPECTOS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS				
Método de análise	Os autores não explicitaram o método de análise utilizado para tratamento dos dados.			
Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática				
A47.1 – “[...] Indeed, what distinguishes fast learning are the features of the encoding stage (or learning experience): fast learning refers here to situations where memory traces are rapidly formed without requiring repetitions of the learning experience” (p. 1)				
A47.1 (T) – “[...] Na verdade, o que distingue a aprendizagem rápida são as características da fase de codificação (ou experiência de aprendizagem): a aprendizagem rápida refere-se aqui a situações em que os traços de memória são formados rapidamente sem exigir repetições da experiência de aprendizagem” (p. 1)				
A47.2 – “[...] a single exploration of a new place or novel objects can evoke long-lasting memories” (p. 2)				
A47.2 (T) – “[...] uma única exploração de um novo lugar ou novos objetos pode evocar memórias duradouras” (p. 2)				
A47.3 – “[...] Paradigms using positive or negative reinforcement are also used to boost one-shot associative learning” (p. 2)				
A47.3 (T) – “[...] Paradigmas que usam reforço positivo ou negativo também são usados para impulsionar a aprendizagem associativa única” (p. 2)				

A47.4 – “[...] In humans, episodic memory, referring to the formation and maintenance of memory traces of unique experiences, illustrates well fast learning” (p. 2)

A47.4 (T) – “[...] Nos humanos, a memória episódica, referente à formação e manutenção de traços de memória de experiências únicas, ilustra bem o aprendizado rápido” (p. 2)

A47.5 – “[...] One-shot associative learning can be used to test additional aspects of episodic memory, such as objects-place associations” (p. 2)

A47.5 (T) – “[...] A aprendizagem associativa única pode ser usada para testar aspectos adicionais da memória episódica, como associações de objetos-lugares” (p. 2)

A47.6 – “[...] One-shot associative learning can also extend to more abstract representations and semantic memories, such as in learning new words (Carey and Bartlett, 1978), concepts, or object categories (Biederman, 1987)” (p. 2)

A47.6 (T) – “[...] A aprendizagem associativa única também pode se estender a representações mais abstratas e memórias semânticas, como no aprendizado de novas palavras (Carey e Bartlett, 1978), conceitos ou categorias de objetos (Biederman, 1987)” (p. 2)

A47.7 – “[...] After visuo- and odor-motor association fast learning tasks, long-lasting task-related responses emerge rapidly in the prefrontal cortex and striatum” (p. 2)

A47.7 (T) – “[...] Após tarefas de aprendizagem rápida de associação viso-motora e olfativa, respostas duradouras relacionadas à tarefa emergem rapidamente no córtex pré-frontal e no corpo estriado” (p. 2)

A47.8 – “[...] rapid formation of neocortical engrams have been uncovered in several fast learning tasks” (p. 4)

A47.8 (T) – “[...] a rápida formação de engramas neocorticais foi descoberta em várias tarefas de aprendizagem rápida” (p. 4)

A47.9 – “[...] These experiments suggest that the neural correlates of one-shot learning experience engage molecular machinery and cellular processes similar to those reported after repetitive training, such as the long-term activation of the same genetic markers, the establishment of long-term synaptic and structural changes” (p. 4)

A47.9 (T) – “[...] Esses experimentos sugerem que os correlatos neurais da experiência de aprendizagem única envolvem maquinaria molecular e processos celulares semelhantes aos relatados após treinamento repetitivo, como a ativação de longo prazo dos mesmos marcadores genéticos, o estabelecimento de mudanças sinápticas e estruturais de longo prazo.” (p. 4)

A47.10 – “[...] In the latter scenario, fewer synaptic events may be needed to initiate long-term changes, such that a one-shot exposure may be sufficient to drive the formation of a memory trace” (p. 4)

A47.10 (T) – “[...] Neste último cenário, menos eventos sinápticos podem ser necessários para iniciar mudanças de longo prazo, de modo que uma exposição única pode ser suficiente para conduzir a formação de um traço de memória” (p. 4)

A47.11 – “[...] Exposure to novel or salient stimuli releases neuromodulators necessary for spatial memory, context, and object recognition or one-shot emotional learning (Duszkiewicz *et al.*, 2019; Likhtik and Johansen, 2019)” (p. 6)

A47.11 (T) – “[...] A exposição a estímulos novos ou salientes libera neuromoduladores necessários para memória espacial, contexto e reconhecimento de objetos ou aprendizagem emocional única (Duszkiewicz *et al.*, 2019; Likhtik e Johansen, 2019)” (p. 6)

Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática

Não foram extraídas unidades de sentido dessa seção do artigo

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

8 ANÁLISE

Nessa seção, foi realizada uma caracterização dos 47 artigos que compõe o *corpus* desta tese, sob diferentes critérios. Considerando a estrutura de busca nos três idiomas, as três bases de dados utilizadas e os critérios de inclusão e exclusão, foram selecionados artigos compreendidos no período de 2006 a 2023. Observa-se que não há uma regularidade na quantidade de publicações. Percebe-se, também, que a maior quantidade de publicação de artigos ocorreu no ano de 2020, com 10 artigos, representando cerca de 22% do total de documentos. Notou-se que, a partir de 2011, houve a publicação de, no mínimo, 1 artigo envolvendo Neurociências e Educação Matemática. Observa-se que os anos em que houve maior quantidade de publicação foram: 2013 (4 artigos, representando, aproximadamente, 8,5%), 2018 (4 artigos, representando, aproximadamente, 8,5%), 2019 (4 artigos, representando, aproximadamente, 8,5%) e 2022 (5 artigos, representando, aproximadamente, 10,6%). A Tabela 6 a seguir apresenta a distribuição da quantidade de artigos publicados por ano:

Tabela 6 – Quantidade de artigos publicados por ano, considerando o *corpus* do estudo.

ANO DE PUBLICAÇÃO	QUANTIDADE
2006	1
2007	0
2008	0
2009	0
2010	1
2011	3
2012	3
2013	4
2014	2
2015	2
2016	3
2017	1
2018	4
2019	4
2020	10
2021	2
2022	5
2023	2
TOTAL	47

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Graficamente, a distribuição dos artigos pode ser vista na Figura 30:

Figura 30 – Quantidade de artigos publicados por ano, considerando o *corpus* do estudo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Com relação ao país de publicação, nota-se que a maioria dos estudos selecionados foi publicada no Brasil (15 artigos, representando, aproximadamente, 32%), seguido de Estados Unidos da América (6 artigos, representando, aproximadamente, 12,8%), Alemanha (5 artigos, representando, aproximadamente, 10,6%), Espanha (5 artigos, representando, aproximadamente, 10,6%), Reino Unido (3 artigos, representando, 6,4%), Austrália (2 artigos, representando, aproximadamente, 4,3%) e Perú (2 artigos, representando, aproximadamente, 4,3%). Os demais países apresentaram apenas uma produção, representando, aproximadamente, 2,1% (Argentina, Canadá, Chile, Colômbia, Cuba, México, Países Baixos, Porto Rico e Suíça).

8.1 ANÁLISE DO *CORPUS* DE PESQUISA A PARTIR DA ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA: A EMERGÊNCIA DE CATEGORIAS FINAIS

Após a elaboração das 47 fichas de leitura (identificadas de A1 até A47, conforme apresentado na seção anterior), organizou-se uma planilha eletrônica com os dados que constam nos seguintes campos das referidas fichas: “*Principais resultados referentes à Neurociência e Educação Matemática*” e “*Considerações finais sobre Neurociência e Educação Matemática*”. Tais dados organizados compõem o *corpus* que foi analisado por meio da Análise Textual Discursiva (ATD), cujas etapas foram detalhadas na seção 5.5 (Análise Textual Discursiva) e sintetizadas no Esquema 12.

Em linhas gerais, o método de análise compreende três etapas, quais sejam: 1) **unitarização**: são os excertos extraídos dos artigos analisados, sendo que cada um deles contém uma ideia núcleo. Cada excerto é chamado de unidade de sentido. Cada unidade foi codificada de forma a organizar e facilitar a consulta ao material de pesquisa. O *corpus* da presente tese possui **844 unidades** de sentido; 2) **categorização**: é um processo recursivo, em que as unidades de sentido são agrupadas de acordo com critérios de semelhança. No caso desta pesquisa, chegou-se em **quatro categorias finais de análise**, com suas respectivas subcategorias, que serão apresentadas em seção posterior; 3) **metatextos**: trata-se de textos de característica descritiva e interpretativa em que os resultados da pesquisa são comunicados de forma a responder a questão-guia da tese. Os metatextos serão apresentados na sequência, de acordo com as categorias e subcategorias pré-estabelecidas.

Assim, as quatro categorias emergentes desse processo de análise são: 1) *Fatores originados da Neurociência e a sua relação com a aprendizagem de Matemática*; 2) *Fatores originados da Neurociência e a sua relação com a ação pedagógica*; 3) *Aspectos biológicos e a sua relação com a aprendizagem de Matemática*; e 4) *A confluência entre as pesquisas neurocientíficas e os processos de ensino e aprendizagem de Matemática*. A seguir, apresenta-se a Tabela 7 com a quantidade de unidades de sentido que compõe cada categoria:

Tabela 7 – Quantidade de unidades de sentido por categoria.

CATEGORIA	NOME DA CATEGORIA	QUANTIDADE DE UNIDADES DE SENTIDO	%
1	Fatores originados da Neurociência e a sua relação com a aprendizagem de Matemática	425	50,36%
2	Fatores originados da Neurociência e a sua relação com a ação pedagógica	251	29,74%
3	Aspectos biológicos e a sua relação com a aprendizagem de Matemática	115	13,62%
4	A confluência entre as pesquisas neurocientíficas e os processos de ensino e aprendizagem de Matemática	53	6,28%
TOTAL		844	100%

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Em seguida, procedeu-se a reorganização das unidades de sentido que constituíram cada categoria, dando origem a **subcategorias** cuja finalidade foi apresentar a análise mais aprofundada de determinadas características e melhor organizar os resultados. O Quadro 68 a

seguir apresenta tais subcategorias, a quantidade de unidades de sentido que constitui cada uma delas e o percentual representativo desta quantidade:

Quadro 68 – Quantidade de unidades de sentido por subcategoria.

CATEGORIA 1		
Fatores originados da Neurociência e a sua relação com a aprendizagem de Matemática		
SUBCATEGORIAS	1.1 - Fatores que se configuram como preditores para a aprendizagem de Matemática	30 (3,55%)
	1.2 - Fatores que se configuram como pré-requisitos para a aprendizagem de Matemática	63 (7,46%)
	1.3 - Fatores que se configuram como potencializadores para a aprendizagem de Matemática	239 (28,32%)
	1.4 - Fatores que se configuram como possíveis riscos para a aprendizagem de Matemática	93 (11,02%)
CATEGORIA 2		
Fatores originados da Neurociência e a sua relação com a ação pedagógica		
SUBCATEGORIAS	2.1 - Recursos didáticos baseados na Neurociência que podem contribuir com a aprendizagem de Matemática	135 (16%)
	2.2 - Estratégias didáticas baseadas na Neurociência que podem contribuir com a aprendizagem de Matemática	77 (9,12%)
	2.3 - Atitudes docentes que, à luz da Neurociência, podem contribuir para a aprendizagem de Matemática	39 (4,62%)
CATEGORIA 3		
Aspectos biológicos e a sua relação com a aprendizagem de Matemática		
115 unidades (13,63%) - Não foi dividida em subcategorias)		
CATEGORIA 4		
A confluência entre as pesquisas neurocientíficas e os processos de ensino e aprendizagem de Matemática		
53 unidades (6,28%) - Não foi dividida em subcategorias		

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

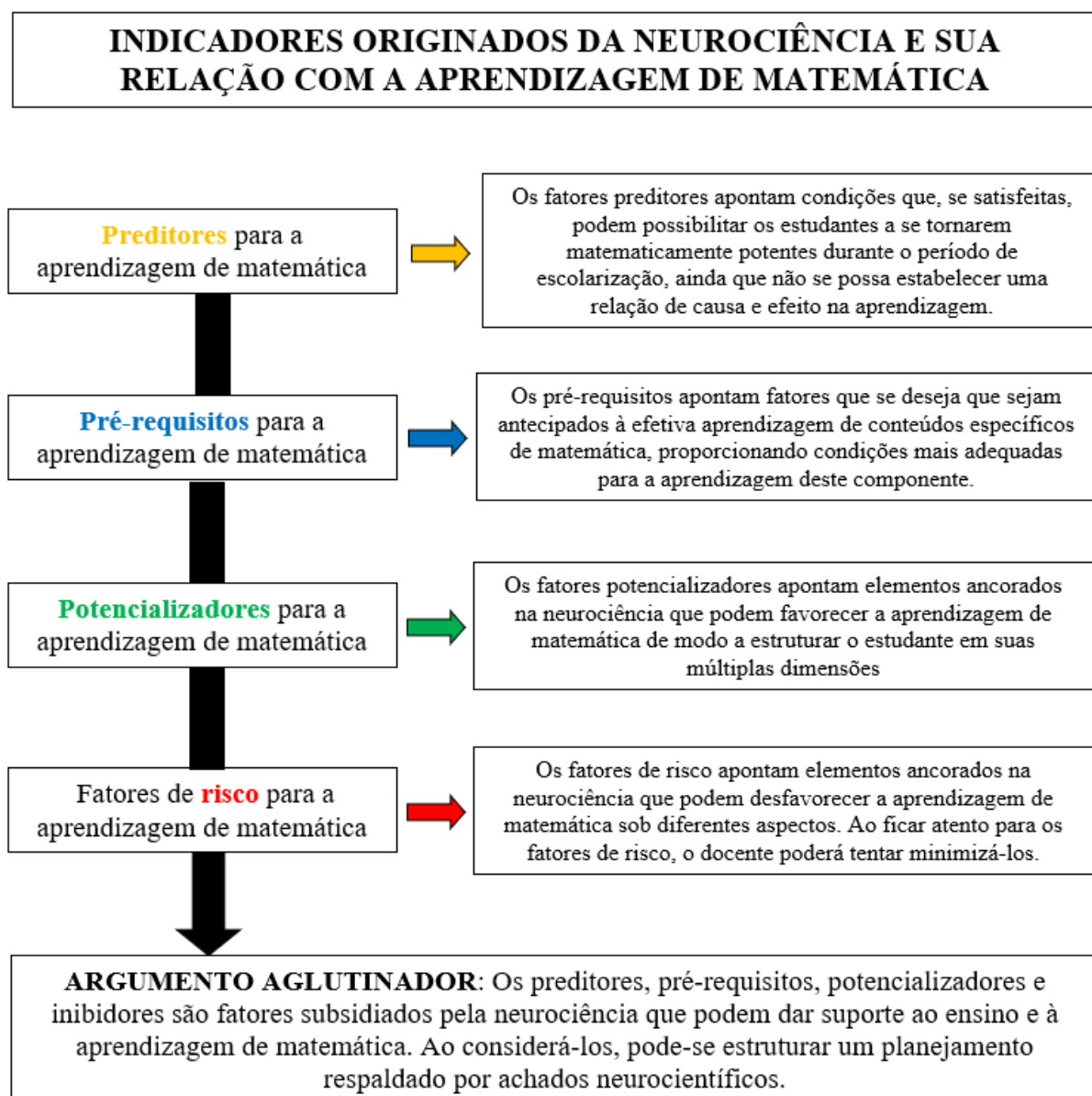
8.1.1 Categoria 1 – Fatores originados da Neurociência e a sua relação com a aprendizagem de Matemática

A categoria intitulada *Fatores originados da Neurociência e a sua relação com a aprendizagem de Matemática* congrega unidades de sentido que têm relação com achados neurocientíficos que apontam **preditores, pré-requisitos, fatores potencializadores e fatores de risco (inibidores) para a aprendizagem de Matemática**. Fazem parte dessa categoria 425 unidades de sentido, que correspondem a 50,36% das unidades selecionadas.

Com o intuito de organizar a análise, dividiu-se essa categoria em quatro subcategorias: 1.1) *Indicadores que se configuram como **preditores** para a aprendizagem de Matemática*; 1.2) *Indicadores que se configuram como **pré-requisitos** para a aprendizagem de Matemática*; 1.3) *Indicadores que se configuram como **potencializadores** para a aprendizagem de Matemática*; e 1.4) *Indicadores que se configuram como possíveis **riscos (inibidores)** para a aprendizagem de Matemática*.

A seguir, apresenta-se a organização desta categoria e seu argumento aglutinador no Esquema 13:

Esquema 13 – Organização da categoria 1: Indicadores originados da Neurociência e a sua relação com a aprendizagem de Matemática.



8.1.1.1 Fatores que se configuram como preditores para a aprendizagem de Matemática

Esta subcategoria foi formada por 30 unidades de sentido, representando aproximadamente 3,5% do total de unidades. O critério de agrupamento foi o fato de apresentar, segundo as pesquisas, **preditores** para a aprendizagem de Matemática. De acordo com o dicionário Aurélio (disponível em <https://www.dicio.com.br/preditor/>), *preditor* é uma “característica do que ou de quem prediz”, ou seja, conseguir dizer/prever algo de maneira antecipada. No contexto desta tese, um preditor é algo que, se satisfeito, possivelmente gerará sucesso posterior do estudante no que diz respeito à aprendizagem de Matemática. Ressalta-se, entretanto, a impossibilidade de prescrever uma relação de causa e efeito, tendo em vista a natureza subjetiva da aprendizagem, em particular, da Matemática.

Nesta pesquisa, emergiram seis preditores. São eles: 1) **Funções Executivas Básicas** bem desenvolvidas (controle inibitório, flexibilidade cognitiva, memória de trabalho, em particular, o componente visuoespacial da memória de trabalho); 2) **Processamento fonológico/consciência fonológica** adequados; 3) **Atenção seletiva** desenvolvida; 4) oportunidade de ter acesso e permanência nos **Anos Iniciais de escolarização** de forma qualificada; 5) Possuir **acompanhamento familiar** na Educação Infantil e Anos Iniciais de escolarização; e 6) Algumas **tarefas matemáticas** específicas.

As **funções executivas** foram apontadas como preditoras da aprendizagem em Matemática em três unidades de sentido distintas. De acordo com a **A29.9**, “[...] os componentes das funções executivas podem prever diretamente as habilidades matemáticas e podem variar em suas associações com as habilidades matemáticas ao longo do desenvolvimento” (Medrano; Prather, 2023). Ainda, de acordo com **A20.6**, “[...] todas as funções executivas avaliadas previam habilidades matemáticas, embora a capacidade de inibir as respostas predominantes tivesse um efeito marginal maior na resolução de problemas em comparação com as outras funções executivas” (Susperreguy; Peake; Gómez, 2020). Por fim, a unidade **A29.2** apresenta a ideia de que “[...] as funções executivas e as competências acadêmicas são transacionais na medida em que se predizem mutuamente durante a escolaridade formal” (Medrano; Prather, 2023). Salienta-se que, no decorrer desta análise, em particular na categoria 2 (Fatores originados da Neurociência e a sua relação com a ação pedagógica), serão mencionados recursos didáticos, estratégias pedagógicas e atitudes docentes que podem auxiliar no desenvolvimento das funções executivas dos estudantes.

Segundo Cosenza e Guerra (2011, p. 86), “funções executivas são o conjunto de habilidades e capacidades que nos permitem executar as ações necessárias para atingir um

objetivo”. Uehara, Charchat-Fichman e Landeira-Fernandez (2013, p. 26) definem as funções executivas (FE) como “as habilidades cognitivas que permitem o indivíduo controlar e regular seus pensamentos e comportamentos [...]”. Ainda para os mesmos autores, as FE são “o conjunto de habilidades e capacidades que nos permitem executar as ações necessárias para atingir um objetivo”. Na concepção de Corso *et al.* (2013, p. 21), as funções executivas estão associadas à “[...] capacidade de planejamento, monitoramento e controle da própria atividade”. Na perspectiva de Malloy-Diniz e Dias (2020), as funções executivas são:

[...] um conjunto de processos mentais que, de forma integrada, permitem que o indivíduo direcione comportamentos a metas, avalie a eficiência e a adequação desses comportamentos, abandone estratégias ineficazes em prol de outras mais eficientes e, assim, resolva problemas imediatos, de médio e longo prazo (Malloy-Diniz; Dias, 2020, p. 31).

No caso particular da aprendizagem de Matemática, trata-se das habilidades e capacidades necessárias para fazer um exercício, realizar uma atividade, ou resolver um problema matemático. De acordo com Dias e Seabra (2013), controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva são as **funções executivas simples**. Segundo as autoras, é a partir dessas que as chamadas **funções executivas complexas** são originadas como, por exemplo, o planejamento, a tomada de decisão, a resolução de problemas e o raciocínio, amplamente utilizados em atividades que envolvem a Matemática.

O **controle inibitório**, como o próprio nome sugere, está relacionado à inibição de comportamentos impulsivos ou inadequados (Dias; Seabra, 2013) como, por exemplo, resolver de forma incorreta um cálculo de adição. Conforme a unidade **A20.8**, “[...] o grau de inibição das crianças é fundamental para o desempenho matemático, mediando a relação entre o status socioeconômico e o desempenho matemático na 1ª série” (Susperreguy; Peake; Gómez, 2020, p. 410). A importância do controle inibitório para a aprendizagem de matemática ainda é expressa nas unidades **A29.20**, “[...] o controle inibitório é preditivo de habilidades aritméticas” (Medrano; Prather, 2023, p. 287) e **A29.21**, “[...] o controle inibitório previu seu conhecimento processual ou capacidade de realizar procedimentos aritméticos” (Medrano; Prather, 2023, p. 287).

A **flexibilidade cognitiva** diz respeito ao fato de o indivíduo conseguir mudar os planos em função de oportunidades ou obstáculos, agir conforme demandas de uma situação, conseguir adaptar-se a mudanças, encontrar novas soluções para situações adversas e não se apegar a padrões rígidos (Corrêa, 2019) como, por exemplo, ter a capacidade de mudar a estratégia para a solução de um problema matemático caso não esteja conseguindo obter sucesso. Isso é explicitado na unidade **A46.2**: “[...] qualquer aluno que pretenda adquirir ‘novos’ conceitos em

Ciências e Matemática precisa superar a forte atração das crenças existentes que tão bem lhes serviram até então” (Mareschal, 2016, p 114). Infere-se, portanto, a necessidade de o estudante conseguir mudar estratégias de resolução de problemas, até acertá-los ou concluí-los, utilizando esse componente das funções executivas.

A **memória de trabalho** é responsável pelo armazenamento temporário e gerenciamento de informações, enquanto há o propósito de realização de atingimento de algum objetivo (Corrêa, 2019). De acordo com **A26.11**:

[...] nos últimos tempos, tem sido possível demonstrar que a memória de trabalho não só está significativamente relacionada com o rendimento acadêmico, mas que se torna um preditor da mesma, deixando a capacidade intelectual relegada como um fator a que historicamente foi atribuída uma responsabilidade quase exclusiva para o sucesso acadêmico (Vélez; Zuluaga, 2022, p. 50).

Para Dias e Seabra (2013), a memória de trabalho bem desenvolvida permite: 1) relacionar ideias; 2) integrar informações contidas na memória de longo prazo; 3) projetar uma sequência de ações para o futuro; e 4) organizar comportamentos complexos. Percebe-se, portanto, que as funções executivas simples, em especial a memória de trabalho, são basilares para a aprendizagem de Matemática. De acordo com a unidade **A8.11**:

[...] os componentes da memória de trabalho que influenciam no desempenho da matemática variam ao longo do desenvolvimento: o executivo central e o buffer fonológico seriam mais importantes no aprendizado inicial, para o aprendizado da mudança de códigos verbais em formato numérico e, em estágios posteriores, a memória de trabalho visuo-espacial seria o subcomponente fundamental (Silva *et al.*, 2015, p.164).

Um dos modelos de memória mais utilizados foi proposto por Baddeley e Hitch (1974). De acordo com os autores, tal modelo é composto por quatro componentes, quais sejam: 1) **executivo central**: responsável pelo sistema atencional do indivíduo e capaz de integrar as informações dos demais componentes; 2) **esboço visuo-espacial**: gerenciamento temporário de informações imagéticas e espaciais; 3) **alça fonológica**: gerenciamento temporário de informações sonoras; e 4) **retentor episódico**: gerenciamento de informações já armazenadas (Mourão Junior; Faria, 2015).

Em particular, a **memória de trabalho visuoespacial** está relacionada, por exemplo, à montagem adequada do algoritmo da adição (ordenamento correto das parcelas da soma), conforme explicitado em **A8.3**: “[...] a memória de trabalho visuoespacial é preditora independente do desempenho na Matemática em crianças de 4 a 8 anos” (Silva *et al.*, 2015, p. 160). Cabe salientar, ainda, que o desenvolvimento da memória de trabalho é essencial durante todo o período escolar do indivíduo, contemplando toda a Educação Básica, como expresso em

A26.25: “[...] o desempenho em memória de trabalho como fator preditivo dos resultados no rendimento acadêmico para crianças de 6 a 12 anos, de 9 a 11 anos e de 14 a 15 anos” (Vélez; Montoya-Zuluaga, 2022, p. 52).

Com relação ao segundo fator preditor, **processamento fonológico/consciência fonológica** adequados as unidade **A8.7** – “[...] em um artigo de revisão sobre representações fonológicas e aritmética, apoiam essa hipótese ao sugerir que o processamento fonológico é preditor do desempenho aritmético” (Silva *et al.*, 2015, p. 162) e **A8.12** – “[...] a habilidade de percepção e manipulação dos sons da língua prediz o desempenho da leitura e estudos recentes sugerem a importância desse componente do aprendizado da Matemática” (Silva *et al.*, 2015, p. 164), apontam a **influência do processamento de sons e da consciência fonológica** para a aprendizagem de Matemática.

Os principais componentes do processamento fonológico são: 1) resgate lexical; 2) memória de trabalho fonológica; e 3) consciência fonológica (Silva *et al.*, 2015). De acordo com **A8.9**, “[...] o resgate lexical influencia a fluência de leitura e de cálculos, uma vez que essas habilidades exigem o resgate apropriado de sons ou números e é uma medida da qualidade das representações fonológicas de longo prazo” (Silva *et al.*, 2015).

Ainda em **A8.15**, fica evidenciado que “[...] a consciência fonológica prediz o desempenho da Matemática em crianças em idade escolar” (Silva *et al.*, 2015). Em linhas gerais, **consciência fonológica** refere-se à:

[...] capacidade de identificar e de manipular deliberadamente unidades fonológicas. Dentro da consciência fonológica, identificam-se três dimensões: 1) a consciência silábica; 2) a consciência dos constituintes intrassilábicos e a 3) consciência fonêmica (Freitas, 2004, p. 165).

Constata-se, portanto, que, mesmo estando relacionado de forma mais proeminente à Língua Portuguesa, o **preditor processamento fonológico/consciência fonológica está associado à aprendizagem de Matemática**.

O terceiro fator preditor é a **atenção seletiva** que está intimamente ligada ao funcionamento adequado da memória de trabalho, a qual já foi citada como primordial para a aprendizagem de Matemática. De acordo com **A18.7**, “[...] a memória de trabalho requer atenção para o processamento adequado” (Camberos *et al.*, 2020, p. 129). Lima (2005, p. 114) explica que “a atenção pode ser definida como a capacidade de o indivíduo responder predominantemente aos estímulos que lhe são significativos em detrimento de outros”. Ramos *et al.* (2019) classificam esse atributo em quatro tipos: 1) **seletiva**; 2) **sustentada**; 3) **dividida**;

e 4) **alternada**. A **atenção seletiva** é a que está relacionada à seleção de um foco entre diversos estímulos. De acordo com **A40.33**, “[...] a atenção seletiva, e a supressão do distrator em particular, é importante para regular o acesso à memória de trabalho e otimizar a capacidade da memória de trabalho” (Stevens; Bavelier, 2012, p. 40).

Outro fator apontado como preditor da aprendizagem de Matemática relaciona-se ao fato de o estudante ter tido acesso à **Educação Infantil e aos Anos Iniciais de escolarização**. De acordo com **A21.3**:

[...] existem diferenças de desempenho associadas ao número de anos de escolaridade inicial recebidos pelo aluno. Por exemplo, dos alunos que receberam Educação Infantil a partir dos três anos de idade, 63% atingiram os níveis básico e avançado, em comparação com 47% daqueles que não receberam educação precoce (Pezzatti; Edelsztejn; Hermida, 2020, p. 3).

Infere-se que indivíduos que receberam Educação Infantil qualificada apresentam maior predisposição a ter bom desempenho educacional no nível básico, particularmente, em Matemática. Talvez isso possa ter relação com a **janela de oportunidades** da infância (Nunes; Costa; Souza, 2021), período específico em que há predisposição biológica acentuada do sujeito para determinadas aprendizagens por meio da plasticidade cerebral, conceito que será detalhado no decorrer desta análise.

O penúltimo fator apontado como preditor para aumentar o potencial da aprendizagem de Matemática está associado ao **acompanhamento familiar na Educação Infantil e Anos Iniciais de escolarização**. De acordo com **A20.19**:

[...] tanto as atividades formais realizadas pelos pais com os filhos em casa quanto o envolvimento deles em atividades informais (jogos com componentes numéricos) prediziam as habilidades numéricas simbólicas e não simbólicas, respectivamente, das crianças no final de sua vida (Susperreguy; Peake; Gómez, 2020, p. 413).

Boruchovitch (2009) explica que o desempenho dos estudantes não depende somente de fatores individuais, mas do ambiente, em particular, o espaço familiar, considerando os estímulos e auxílios recebidos pelo estudante nesse local. Lourenço e Paiva (2010) explicam que existem três fatores relacionados à motivação para aprendizagem que são primordiais à saúde psicológica de qualquer indivíduo, dentre eles, a necessidade de pertencimento e estabelecimento de vínculos, na qual a família é de fundamental relevância.

Por fim, algumas **tarefas matemáticas específicas** podem colaborar na predisposição do aluno ter sucesso da aprendizagem, como apontado na unidade **A20.10**:

[...] os resultados mostraram que ambas as tarefas de comparação foram altamente correlacionadas e previram o desempenho aritmético, sugerindo que as tarefas de comparação simbólica e não simbólica avaliaram o sistema de representação aproximado, enquanto previam simultaneamente o desempenho no cálculo aritmético (Susperreguy; Peake; Gómez, 2020, p. 410-411).

De acordo com o exposto, parece plausível supor que determinadas tarefas matemáticas podem contribuir para a predição de habilidades matemáticas futuras, em particular as que estão associadas à aritmética. Assim, **atividades que envolvam comparação** com o uso de diferentes representações podem auxiliar neste processo.

A partir do corpus desta pesquisa, foi possível a emergência de seis preditores para o sucesso escolar em Matemática que estão sintetizados no Quadro 69 abaixo. Ao concluir a discussão desta subcategoria (1.1), sugere-se os seguintes indicadores:

Quadro 69 – Síntese da subcategoria.

SÍNTESE DA SUBCATEGORIA 1.1	
FATORES QUE SE CONFIGURAM COMO PREDITORES PARA A APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA	
• Desenvolvimento adequado das Funções Executivas Básicas dos estudantes (memória de trabalho, controle inibitório e flexibilidade cognitiva). Sugestões serão elencadas na categoria de análise 2 (Indicadores originados da Neurociência e a sua relação com a ação pedagógica); • Desenvolvimento adequado da Consciência Fonológica dos estudantes; • Desenvolvimento adequado da atenção seletiva dos estudantes; • Promover acesso e permanência à Educação Infantil de qualidade das crianças; • Oferecer acompanhamento familiar aos estudantes, sobretudo nos Anos Iniciais da Educação Básica; • Oferecer atividades específicas que propiciem ao estudante desenvolver o senso numérico e comparação de números naturais, fazendo o uso de diferentes representações.	

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

8.1.1.2 Indicadores que se configuram como pré-requisitos para a aprendizagem de Matemática

Esta subcategoria foi formada por 63 unidades, representando, aproximadamente, 7,5% das unidades de sentido selecionadas. O critério de agrupamento foi o fato de a unidade apresentar, segundo as pesquisas, **pré-requisitos** para a aprendizagem de Matemática. De acordo com o dicionário Aurélio (disponível em <https://www.dicio.com.br/pre-requisito/>), **pré-requisito** é uma “exigência prévia e indispensável para realizar algo, alcançar um trabalho,

exercer uma obrigação” ou ainda “disciplina que, obrigatoriamente, deve ser estudada antes de outra.

No contexto desta tese, um pré-requisito é um atributo ou conteúdo que deve ser antecipado para que a aprendizagem de Matemática tenha mais chance de ocorrer adequadamente. Diferente dos preditores, os pré-requisitos não têm a característica de “causa e efeito”, ou seja, ao apresentar um pré-requisito, não significa que o aluno terá sucesso no que será ensinado, entretanto, garante a base necessária para fazê-lo. O *corpus* dessa pesquisa permitiu a emergência de pré-requisitos relacionados a três aspectos: 1) **conteúdos**; 2) **prontidão**; e 3) **linguagem**.

Cinco estudos apontaram pré-requisitos relacionados a **conteúdos matemáticos** que seriam considerados essenciais para que os estudantes tivessem condições adequadas de compreender os conceitos subsequentes abordados no Componente Curricular de Matemática no decorrer da Educação Básica. São eles: **A1**, **A7**, **A8**, **A29** e **A42**.

De acordo com **A1.8**, “[...] portanto, a dificuldade pode estar nas aulas de Matemática dos Anos Iniciais, uma dificuldade que vem se arrastando ao longo da vida escolar do aluno e que provoca enormes problemas no aprendizado e até nas relações sociais no ambiente escolar” (Ferreira; Gonçalves; Lameirão, 2019, p. 655). Sugere-se que as **dificuldades em Matemática nos Anos Iniciais de escolarização** podem surtir efeitos negativos ao longo de toda escolarização básica do estudante. Desse modo, um primeiro pré-requisito que pode ser apontado diz respeito a uma **adequada base de construção do número nos Anos Iniciais** de escolarização, sob pena de tais defasagem permanecerem presentes durante toda a vida escolar do estudante.

O estudo **A1** aponta a **comparação de números naturais** como sendo um conteúdo de fundamental importância para a compreensão futura de conceitos matemáticos na escola. Conforme **A1.3**, “[...] alunos iniciantes na escola, que não trazem habilidade em comparação numérica – Qual número é maior, 5 ou 4? –, terão dificuldades na instrução de aritmética formal na escola” (Ferreira; Gonçalves; Lameirão, 2019, p. 642). Uma possível sugestão para explorar a comparação numérica com crianças seria trabalhar as definições de maior e menor em contextos não matemáticos e, num segundo momento, a inclusão de contextos matemáticos.

O estudo **A7** evidenciou o **senso numérico** como um conteúdo primordial a ser explorado com as crianças, sendo substrato para a aritmética básica no decorrer de toda a escolarização básica, conforme evidenciado em **A7.5**:

[...] nos últimos anos, pesquisas realizadas com crianças de baixo rendimento na matemática registram o senso numérico como principal aspecto a ser trabalhado, sendo um conceito fundamental que pode ser identificado ainda na Educação Infantil. O desenvolvimento falho para o senso numérico acarreta um processamento imaturo dos números, refletindo em defasagens nas habilidades do tipo contagem, realização de operações, bem como de cálculo mental (Dias *et al.*, 2021, p. 25).

De acordo com Corso e Dorneles (2010, p. 300):

[...] este é um constructo geral, que engloba um conjunto de conceitos bastante amplo, o qual o aluno desenvolve gradativamente, a partir de suas interações com o meio social. O senso numérico é uma forma de interagir com os números, com seus vários usos e interpretações, possibilitando ao indivíduo lidar com as situações diárias que incluem quantificações e o desenvolvimento de estratégias eficientes (incluindo cálculo mental e estimativa) para lidar com problemas numéricos.

O conjunto de conceitos ao qual as autoras se referem são “[...] consciência, intuição, reconhecimento, conhecimento, habilidade, desejo, sentimento, expectativa, processo, estrutura conceitual ou linha numérica mental (Corso; Dorneles, 2010, p. 299). Assim, o senso numérico refere-se ao fato de a criança ter certa criticidade e intuição frente aos problemas matemáticos, sendo capaz de realizar estimativas e conseguir, de certo modo, inibir respostas incoerentes, mesmo que ela não saiba resolver um problema totalmente. A unidade **A7.12** evidencia habilidades mais específicas do senso numérico, as quais “[...] se refere às diversas habilidades numéricas que englobam a identificação do número, a capacidade de contagem, de manipular mentalmente os números, as quantidades [...]” (Dias *et al.*, 2021, p. 29).

O senso numérico também foi apontado no estudo **A8** como um possível pré-requisito para a aprendizagem de Matemática, além do processamento visuoespacial, a memória de trabalho e o processamento fonológico que já foram, inclusive, apontados como preditores para a aprendizagem de Matemática na subcategoria apresentada anteriormente. De acordo com **A8.1**:

[...] a matemática é um domínio complexo que envolve diversas habilidades, como contagem, estimação e compreensão de procedimentos. Os principais mecanismos cognitivos subjacentes, candidatos para explicar as dificuldades apresentadas por crianças com discalculia são: o senso numérico, o processamento viso-espacial, a memória de trabalho e o processamento fonológico (Silva *et al.*, 2015, p. 159).

O estudo **A29** evidenciou o fato de a Matemática apresentar **conteúdos interconectados**, de modo que a compreensão de um determinado procedimento ou temática depende do entendimento de pontos anteriores, conforme evidenciado em **A29.5**:

[...] assim, o sucesso em qualquer tarefa depende de experiências relacionadas. Perone *et al.* (2021) deu um exemplo de fatoração de polinômios como resultado do

conhecimento de fatores comuns, procedimentos passo a passo e habilidades aritméticas simples (Medrano; Prather, 2023, p. 281).

Desse modo, sugere-se que, ao planejar uma aula, o professor se certifique de que os **conteúdos que são pré-requisitos sejam de domínio dos estudantes**. Parece ser de fundamental importância que os professores **atuem de forma diagnóstica** de maneira a reconhecer aquilo que os alunos já conhecem com relação aos pré-requisitos para que planejem a ação didática a partir disso, conforme evidenciado em **A42.27**: “[...] os professores podem obter grande eficácia na motivação, primeiro entendendo onde seus alunos estão e começando por aí” (Hardré, 2011, p. 230).

O estudo **A3** destaca a necessidade de **prontidão** como sendo um pré-requisito para a aprendizagem de Matemática. De acordo com **A3.7**:

[...] a prontidão escolar é definida em três aspectos: a prontidão física, motora, emocional e cognitiva da criança, individualmente, a prontidão da escola para receber a criança e o amparo da família e comunidade ao desenvolvimento da criança” (Zardo; Schroeder, 2023, p. 324).

A prontidão parece ser um aspecto mais amplo do que se costuma considerar. Em geral, espera-se que ela seja um atributo apresentado somente pelo estudante, em que os professores aguardam determinado comportamento para que a aula possa ter início. Entretanto, considerando o exposto, a prontidão parece ter diferentes níveis e dimensões.

Individualmente, o estudante precisa estar preparado, considerando aspectos físicos, motores e emocionais para que a aprendizagem de Matemática possa ocorrer adequadamente. Em uma dimensão mais ampla e coletiva, a escola também precisa estar preparada para atender o estudante como, por exemplo, possuir estrutura adequada, quadro de professores completo, organização pedagógica, dentre outros aspectos. Além disso, parece ser necessário haver a prontidão da família e da própria comunidade na qual a escola está inserida para que as demandas originadas da aprendizagem escolar sejam direcionadas aos responsáveis adequadamente.

Por fim, a **linguagem** foi apontada como um pré-requisito para a aprendizagem na medida em que, a partir dela, as ideias são comunicadas e, possivelmente, compreendidas. **A5.4** explicita que “[...] a linguagem assume um papel essencial na aprendizagem da Matemática, já que é por seu intermédio que são expressas ideias e definidos conceitos matemáticos” (Oliveira; Negreiros; Neves, 2015, p. 1028).

As ideias desta subcategoria estão apresentadas no Quadro 70 a seguir:

Quadro 70 – Síntese da subcategoria 1.2.

SÍNTESE DA SUBCATEGORIA 1.2	
INDICADORES QUE SE CONFIGURAM COMO PRÉ-REQUISITOS PARA A APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA	
• Sugere-se que, de forma geral, a aprendizagem de matemática tenha três pré-requisitos: 1) conteúdos; 2) prontidão; e 3) linguagem; • Os conteúdos matemáticos seriam considerados essenciais para que os estudantes tenham condições adequadas de compreender os conceitos subsequentes abordados no componente curricular. Sugere-se que há uma interconexão entre os conteúdos que, na medida do possível, deve ser considerada; • Sugere-se que as dificuldades em matemática nos Anos Iniciais de escolarização podem surtir efeitos negativos ao longo de toda escolarização básica do estudante. Sugere-se uma adequada base de construção do número nos Anos Iniciais de escolarização, em especial o senso numérico; • A necessidade de prontidão foi apontada como um pré-requisito para a aprendizagem de Matemática. Sugere-se considerar a prontidão em diferentes dimensões: o estudante precisa estar preparado considerando aspectos físicos, motores, cognitivos e emocionais para que a aprendizagem de Matemática possa ocorrer adequadamente. Em uma dimensão mais ampla, sugere-se prontidão da família e da comunidade escolar; • A linguagem foi apontada como um pré-requisito para a aprendizagem, na medida em que é a partir dela que as ideias são comunicadas e compreendidas.	

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

8.1.1.3 Fatores que se configuram como potencializadores para a aprendizagem de Matemática

Esta subcategoria foi formada por 239 unidades de sentido, sendo a subcategoria mais representativa desta pesquisa ao se considerar o critério da quantidade de unidades. De acordo com o Dicionário Aurélio (disponível em <https://www.dicio.com.br/potencializar/>), **potencializar** significa “tornar ainda mais eficaz ou mais ativo; intensificar”. No contexto desta pesquisa, os fatores potencializadores são aqueles que podem intensificar as possibilidades de o aluno aprender Matemática, considerando as diferentes dimensões que podem estar envolvidas na aprendizagem.

Diferentes fatores, além das habilidades cognitivas do indivíduo, precisam ser considerados ao se pensar a aprendizagem, em particular, no componente de Matemática. De acordo com a unidade **A5.12**:

[...] a natureza singular do ser humano, por um lado, e a sua vertente cultural, por outro, não permitem que o processo de ensino-aprendizagem possa ser linear e liminarmente modelado. Impõe-se uma visão holística desse processo e consequente abordagem sistêmica (Oliveira; Negreiros; Neves, 2015, p. 1035).

Percebe-se, portanto, que diferentes dimensões relacionadas ao processo de ensino e aprendizagem precisam ser analisadas e potencializadas. Na unidade **A6.6**, é afirmado que:

[...] as escolhas didáticas e metodológicas utilizando conhecimentos das neurociências podem proporcionar aos alunos formas de aprendizagem que levem em consideração as complexidades do cérebro no processo estruturante da aprendizagem: motivação, atenção, memória e emoção (Rabelo, 2022, p.13).

Logo, percebe-se que algumas dessas dimensões ficam explícitas, tais como: a emoção, a motivação, os fatores ambientais (escola, família e comunidade), dentre outros. A unidade **A12.1** ainda reforça a multidimensionalidade de fatores que precisam ser considerados ao se pensar de forma abrangente em aprendizagem de Matemática:

[...] As dificuldades de aprendizagem na Matemática podem relacionar-se a diversos fatores, dentre eles os educacionais, como as propostas pedagógicas; linguísticos, como a fluência verbal da criança para associação oral e escrita dos números; emocionais, como ansiedade a Matemática, e ambientais e plásticos, relacionados a quantidade de estimulação presente no ambiente e o desenvolvimento neural (Guedes; Blanco; Neto, 2016, p. 3)

Essa multidimensionalidade de fatores ainda fica explícita na unidade **A15.2** quando é dito que “[...] A autora garante que o sucesso da aprendizagem depende do plano de estudos e do professor; do contexto proporcionado pela sala de aula e pela família e, em sentido amplo, da escola e da comunidade, mas também afeta diretamente a função cerebral” (Pérez-Puelles, 2021, p. 159). Nota-se, portanto, que aspectos pedagógicos, emocionais, ambientais, biológicos, dentre outros, podem potencializar a aprendizagem. Esta e as seções a seguir aprofundam essas questões.

A **atenção** foi outro fator apontado como potencializador para a aprendizagem de Matemática. Cerca de 16 unidades de sentido classificadas na subcategoria **1.3 - Fatores que se configuram como potencializadores para a aprendizagem de Matemática** fizeram menção a esse atributo. De acordo com Lima (2005, p. 114), “[...] a atenção pode ser definida como a capacidade de o indivíduo responder, predominantemente, aos estímulos que lhe são significativos em detrimento de outros”. A unidade **A40.1** destaca a importância fundamental da atenção seletiva em diferentes contextos, em particular para a aprendizagem de Matemática:

[...] a capacidade de focar na tarefa em questão e ignorar a distração, também chamada de atenção seletiva, parece ter efeitos reverberantes em vários domínios importantes

para as bases acadêmicas, incluindo linguagem, alfabetização e matemática (Stevens; Bavelier, 2012, p. 30).

Ramos *et al.* (2019) classificam a atenção em quatro tipos, quais sejam: 1) **seletiva**: atenção que permite ao indivíduo focar em apenas um estímulo do ambiente; 2) **sustentada**: tipo de atenção que permite ao indivíduo manter a atenção em um determinado foco por um período mais longo; 3) **dividida**: permite ao indivíduo dividir sua atenção para mais de um estímulo dentro da mesma tarefa; 4) **alternada**: permite ao indivíduo dividir sua atenção para mais de um estímulo em diferentes tarefas.

Conforme exposto na unidade **A34.2**, a **atenção tem influência na evocação de memórias** de longo prazo: “[...] atenção, quando acentuada, mostra-se um processo fundamental na recordação, que é imprescindível para a aprendizagem” (Silva; Fonseca, 2019, p. 166). Existem informações guardadas na memória de longo prazo que precisam ser recordadas para que o estudante consiga, por exemplo, resolver uma equação de grau 2 completa. Nesse caso, o estudante precisa recordar a fórmula de Bhaskara. Carvalho (2011) defende que a memória é um dos alicerces para a aprendizagem, que, por sua vez, é influenciada pela atenção.

De acordo com a unidade **A34.3**:

[...] A melhor idealização de resolução de determinada tarefa, nesse sentido, seria transformar os processos controlados em automáticos, ou passar de um nível alto de AS (atenção sustentada) para a para um nível alto de AD (atenção dividida) pensando nas resoluções de tarefas matemáticas, pois haveria menor gasto de energia (Silva; Fonseca, 2019, p. 166).

Percebe-se, portanto, que, ao treinar deferentes habilidades matemáticas, é possível tornar as tarefas mais automatizadas, exigindo, cada vez menos, a atenção do tipo sustentada. Consequentemente, isso gerará menos gasto de energia e menos cansaço (Silva; Fonseca, 2019).

A atenção é um atributo que pode ser treinado com os estudantes, conforme explícito na unidade **A35.4**: “[...] intervenções que melhorem com sucesso o controle da atenção podem ter o potencial de melhorar outras funções cognitivas que dependem dessas funções” (Jaeggi; Shah, 2018, p.3). Pelo exposto, ao treinar a atenção, por conseguinte outras funções cognitivas que dependem da atenção também podem ser melhoradas. Ramos *et al.* (2019) sugerem que atividades como: aprender a tocar algum instrumento e participar de jogos podem fortalecer as redes neurais responsáveis pela atenção.

Cabe salientar que é possível oferecer ao estudante treinos em outros domínios como, por exemplo, a linguagem, mas que acabam tendo influência positiva na atenção. De acordo

com **A40.39**, “[...] Estas descobertas estão em linha com propostas recentes que sugerem que algumas intervenções concebidas para melhorar as competências linguísticas também podem visar ou treinar a atenção seletiva” (Stevens; Bavelier, 2012, p. 43). Na unidade **A35.3**, é dito: “[...] no entanto, as melhorias no controle da atenção durante a primeira parte da intervenção foram correlacionadas com as melhorias globais no processamento básico de números, indicando que esses dois processos estão de fato relacionados” (Jaeggi; Shah, 2018, p. 3). Assim, fica evidente que o treino da atenção pode potencializar diferentes domínios, em especial, o da Matemática. Em relação ao treino da atenção, a unidade **A40.36** oferece a possibilidade de atividades de meditação ter potencial para essa finalidade:

[...] com a visão de que a experiência de meditação permite inicialmente um maior recrutamento de sistemas de controle atencional à medida que a tarefa atencional se torna mais exigente; mas à medida que a perícia se desenvolve com treino extra, a perícia em meditação pode permitir alcançar um estado concentrado de controle atencional de forma mais automática, recorrendo, portanto, a menos recursos atencionais (Stevens; Bavelier, 2012, p. 43).

Outro fator que tem influência na atenção é o **objetivo** do estudante atrelado à tarefa, conforme colocado na unidade **A40.5**: “[...] os objetivos dos participantes também moldam a alocação de atenção” (Stevens; Bavelier, 2012, p. 32). Quando o sujeito possui um objetivo bem definido, ele acaba por passar pelas três fases do processo atencional, que são: 1) **alerta**: o indivíduo inicia seu estado de vigiância; 2) **orientação**: o indivíduo foca sua atenção em apenas um aspecto da realidade; 3) **execução**: o indivíduo se concentra, mantendo a atenção sustentada para o alcance do objetivo (Cosenza; Guerra, 2011). Os mesmos autores explicam que há um nível adequado do estado de vigiância. Estados muito elevados de alerta podem se configurar como ansiedade, ao passo que níveis muito baixos (quando acordamos, por exemplo), também são prejudiciais à atenção.

Conforme exposto em **A39.6**, “[...] Uma das principais habilidades de autorregulação é a capacidade de focar em informações relevantes, ou atenção seletiva” (Blakemore; Bunge, 2012, p. 2) sugere-se que a atenção é um atributo primordial para a regulação do sujeito. Lima (2005) explica que a atenção possui **três características** próprias, quais sejam: 1) **controle voluntário**: o indivíduo tem a capacidade de direcionar a sua atenção para o estímulo que desejar; 2) **caráter seletivo**: por mais especializado que o cérebro humano seja, é aconselhável focar em apenas um estímulo; 3) **capacidade limitada**: a atenção do indivíduo tem capacidade limitada.

Observando a unidade apresentada anteriormente e a caracterização da atenção apresentada por Lima (2015), pode-se depreender algumas hipóteses pelas quais os estudantes têm dificuldade de prestar atenção em sala de aula: 1) por vezes, o estudante tenta focar a sua atenção em mais de um estímulo. A escola é, por natureza, um ambiente que pode oferecer muitos estímulos simultaneamente, dificultando o foco; 2) pelo fato de a atenção possuir capacidade limitada, o estudante não consegue prestar atenção a todos os estímulos disponíveis e na exposição do professor simultaneamente; 3) voluntariamente, o estudante pode focar a sua atenção em um estímulo que lhe chame mais a atenção e que pode não ser a atividade que está ocorrendo em sala de aula.

Tais hipóteses de possíveis aspectos que podem levar o aluno a ficar desatento têm como consequência pensarmos nos distratores da atenção. Conforme explicitado na unidade, **A40.11**, “[...] os distratores podem ser processados em graus variados em função de sua semelhança física com os alvos, de sua localização no campo visual e de sua saliência intrínseca, para citar alguns” (Stevens; Bavelier, 2012, p. 32). Cosenza e Guerra (2011) classificam a atenção em dois tipos: 1) **atenção reflexiva**: quando o estímulo se configura como aspecto externo do organismo como, por exemplo, o *show* de um artista ou o pôr do sol; 2) **atenção voluntária**: quando o estímulo se configura como aspecto interno do organismo como, por exemplo, fome, sede, ou um objetivo pessoal a ser alcançado. Nesse sentido, ao pensar no ambiente de sala de aula de Matemática, sugere-se que haja a menor interferência possível de distratores, ou que estes sejam os mais semelhantes possível com o alvo (a aula do professor).

No estudo empreendido por Ramos *et al.* (2019), os pesquisadores concluíram que há atitudes docentes que podem ser utilizadas para obter a atenção dos estudantes, tais como: fazer perguntas, apontar pontos importantes do conteúdo, ver como os estudantes realizam as tarefas, dentre outros. Do mesmo modo Farsani, Breda e Sebastiá (2020) realizaram um estudo que teve como objetivo compreender a influência dos gestos do professor na atenção visual dos participantes. De acordo com a unidade **A40.9**, existem “[...] algumas evidências que apresentaram, brevemente, pistas que capturam a atenção recrutando exogenamente uma rede neural semelhante” (Stevens; Bavelier, 2012, p. 32). Parece plausível supor que o recrutamento da atenção do estudante está relacionado às características da aula e às atitudes do professor.

Além disso, a unidade **A34.8**, ao afirmar que “[...] o que se deve ter em mente é a variação dos estímulos para captação da atenção” (Silva; Fonseca, 2019, p. 172) explicita a necessidade de diferentes estímulos para capturar a atenção. Organizar a sala de aula de diferentes formas e utilizar recursos didáticos diversos que recrutem diferentes órgãos dos sentidos parecem ser algumas possibilidades para alcançar a atenção discente (Lima, 2005).

Outro aspecto relacionado à atenção diz respeito à presença desse atributo desde a primeira infância e seu desenvolvimento ao longo da vida. De acordo com **A40.19**:

[...] as habilidades para selecionar entre estímulos concorrentes e processar preferencialmente informações mais relevantes estão essencialmente disponíveis em crianças muito pequenas, mas que a velocidade e a eficiência desses comportamentos melhoram à medida que as crianças se desenvolvem (Stevens; Bavelier, 2012, p. 33).

É provável que essa característica tenha relação com a maturação das regiões cerebrais envolvidas na atenção. O córtex frontal, o qual se desenvolve até o início da idade adulta (Alvarenga, 2019) confirma essa hipótese.

Outro fator potencializador apontado nas unidades de sentido está relacionado à influência das **emoções** no processo de aprendizagem de Matemática. Na unidade **A24.5** essa associação fica evidente: “[...] as emoções são variáveis intermediárias entre os métodos de ensino, os pré-requisitos de motivação, desempenho e resultados, mas como mencionam Yavuz, Gülmez, Özkara, as emoções são uma dimensão invisível nos processos de aprendizagem”. De acordo com a unidade **A6.1**, “[...] as emoções foram reconhecidas como precursoras significativas de aprendizagem e do desempenho dos alunos” (Rabelo, 2022, p. 10).

Há, entretanto, certa dificuldade no estudo e entendimento das emoções. Por conseguinte, a percepção do professor com relação às emoções dos estudantes, conforme apontado em **A24.33**:

[...] as emoções são consideradas multicomponentes, compreendendo elementos como avaliação, mudança fisiológica, experiência subjetiva, expressões emocionais e tendências de ação. Tal complexidade geralmente não é levada em consideração na literatura sobre emoções e posições da neurociência, da psicologia básica e da neuropsicologia são frequentemente ignoradas (Anzelin; Marín-Gutiérrez; Choconta, 2020, p. 59).

Bears, Connors e Paradiso (2008) apontam a dificuldade no estudo das emoções em função de seu aspecto subjetivo. Na mesma linha, Roazzi *et al.* (2011) explicam que as emoções são um conceito amplo e multifacetado, que envolve todo o organismo e sofre modificações ao longo da vida, sendo esses fatores constrangedores para sua compreensão.

De acordo com o estudo realizado por Arboleda e Humán (2022, p. 69), na unidade **A23.1**, “[...] a educação da afetividade deve assumir não apenas nos diferentes níveis educacionais, mas também em qualquer etapa do desenvolvimento pessoal de cada homem”. Na unidade **A23.2**, os autores aprofundam ainda mais a questão das emoções, afirmando que

elas possuem influência não somente na aprendizagem, mas na vida em geral, quando afirmam que:

[...] pesquisas também mostram a grande influência das emoções e sentimentos nos alunos do ensino regular básico e superior para o desenvolvimento do ensino-aprendizagem, chegando a propor diferentes ferramentas que favoreçam o desempenho da esfera acadêmica, pessoal e social (Arboleda; Humán, 2022, p. 69).

A unidade **A28.12** “[...] sublinha a necessidade de incluir a formação em competências emocionais nos currículos dos diferentes níveis, não só no Ensino Básico ou no Ensino Secundário, mas também nos Institutos Tecnológicos Superiores e nas Universidades” (Valdiviezo-Loayza; Rivera-Muñoz, 2022, p. 7). Fonseca (2016) já defendia a relação existente entre aprendizagem e emoções, bem como a importância de tratá-las nas diferentes etapas de ensino.

Dada a importância das emoções para a aprendizagem, em particular na disciplina de Matemática, Dias, Cruz e Fonseca (2008) explicam a importância de o sujeito conseguir regular as emoções para se adaptar a um ambiente. No caso particular de um estudante, é necessário que ele regule as emoções para conseguir se adaptar à sala de aula. A unidade **A6.5** enfatiza que “[...] a regulação da emoção é particularmente importante para o desenvolvimento da competência socioemocional” (Rabelo, 2022, p. 12). De acordo com a unidade **A24.7**, “[...] o desempenho depende não apenas de fatores cognitivos, mas também da capacidade do aluno de regular as emoções, do valor que atribui à tarefa e de suas crenças sobre a aprendizagem” (Anzelin; Marín-Gutiérrez; Choconta, 2020, p. 53). Deste modo, ao perceberem a importância da tarefa para o seu desenvolvimento cognitivo e acadêmico, os alunos tendem a orientarem o comportamento de maneira positiva (Fonseca, 2016).

De acordo com a unidade **A5.7**, “[...] as crianças começam muito cedo a desenvolver crenças a respeito da aprendizagem baseadas na sua cultura e essas crenças norteiam a sua aprendizagem e os resultados que obtêm” (Oliveira; Negreiros; Neves, 2015, p. 1032). Para Fonseca (2016), há três fatores que podem impactar as emoções, quais sejam: as questões biológicas individuais, as experiências passadas dos sujeitos e as crenças culturais. De fato, percebe-se que essa possui forte influência. De acordo com a cultura local, pode haver influência na crença que a criança tem de si mesmo – a sua autoimagem -, bem como as potencialidades que ela acredita ter para aprender Matemática.

Harris (1996) apresenta uma classificação das emoções de acordo com o tipo de sentimento que elas despertam. Para ele, as emoções podem ser: 1) positivas: desencadeiam

sentimentos agradáveis; 2) negativas: desencadeiam sentimentos desagradáveis; ou 3) mistas: desencadeiam sentimentos agradáveis ou desagradáveis, de forma simultânea. De acordo com a unidade **A24.4**, fica evidente que “[...] as emoções positivas são vivenciadas como agradáveis e podem variar em sua manifestação cognitiva e fisiológica e influenciar a atenção, a motivação, o uso de estratégias de aprendizagem e a autorregulação da aprendizagem” (Anzelin; Marín-Gutiérrez; Choconta, 2020, p. 52). Ainda versando sobre emoções positivas, a unidade **A24.10** explicita “[...] que as emoções positivas não afetam a retenção da informação, mas sim a compreensão e a transferência” (Anzelin; Marín-Gutiérrez; Choconta, 2020, p. 53). Nota-se, assim, que as emoções positivas podem ser influência não apenas na memorização de conteúdos, mas em aspectos mais profundos, como a própria compreensão da Matemática. As emoções positivas são um dos fatores que levam um indivíduo a permanecer até o alcance de um objetivo, conforme explicitado na unidade **A24.11**, “[...] ao identificar as emoções positivas como elementos com impacto significativo no compromisso de concluir um programa de estudos e manter persistentemente o alcance de uma meta” (Anzelin; Marín-Gutiérrez; Choconta, 2020, p. 54).

Ainda que despertar as emoções positivas seja desejável para potencializar a aprendizagem dos estudantes, a unidade **A24.6** enfatiza que se deve ter cuidado com isso, pois um excesso de emoções positivas pode provocar efeito contrário ao desejado. Conforme a unidade **A24.6**, “[...] embora se identifique que existem processos de aprendizagem mais bem-sucedidos para emoções positivas, alguns deles, principalmente aqueles que estão relacionados à inativação, como prazer ou relaxamento, pode gerar o efeito oposto” (Anzelin; Marín-Gutiérrez; Choconta, 2020, p. 53).

Um ponto relacionado às emoções e que se deve estar atento é a idade. De acordo com a unidade **A24.14**, “[...] a regulação emocional deve ser ajustada ao longo dos anos, à medida que aumenta a complexidade das emoções, elementos como alcance, dialética, e os graus de manifestação e combinação, tanto em alunos quanto em professores” (Anzelin; Marín-Gutiérrez; Choconta, 2020, p. 54). De acordo com Roazzi *et al.* (2011), idade é um fator de influência nas emoções. Até por volta dos doze anos, as crianças possuem dificuldade de explicar as emoções mistas, de acordo com a classificação de Harris (1996).

As emoções possuem impacto não somente na relação que o estudante possui com a Matemática, mas com a relação que o estudante acaba por estabelecer com o seu professor. De acordo com a unidade **A24.20**, “[...] enquanto os professores tendem a acreditar que a participação na aprendizagem é predominantemente cognitiva, para os alunos ela é afetiva” (Anzelin; Marín-Gutiérrez; Choconta, 2020, p. 56). Além disso, de acordo com **A24.27** “[...] os

comentários têm maior probabilidade de serem atendidos se vierem de um professor que gere credibilidade, empatia e receptividade às necessidades afetivas dos alunos” (Anzelin; Marín-Gutiérrez; Choconta, 2020, p. 57). Dias, Cruz e Fonseca (2008) explicam que um dos elementos da emoção é a “tendência para a ação”, ou seja, tendemos a repetir atitudes que nos geram prazer e evitamos atitudes que geram sentimentos desagradáveis. Desse modo, é plausível supor que, se um professor despertar sentimentos agradáveis a partir de suas atitudes, o discente, possivelmente, terá uma atitude positiva frente à disciplina ministrada por este professor.

Até o presente momento, focou-se nas emoções do estudante. Entretanto, cabe salientar que é fundamental prestar atenção às emoções do professor, como apontado na unidade **A24.29**: “[...] Um aspecto sobre o qual gostaríamos de nos debruçar, e que a nosso ver é novo dentro da categoria da emoção e da prática docente, é aquele que foca a emoção do professor” (Anzelin; Marín-Gutiérrez; Choconta, 2020, p. 58). Sentir-se confortável em seu ambiente de trabalho, realizar aquilo que se goste e no qual se acredite, possuir boas condições para a prática docente e ter boas relações interpessoais com colegas são alguns dos aspectos que podem contribuir com a saúde emocional do docente, conforme apontado na unidade **A24.31** ao afirmar que “[...] os sentimentos de confiança mútua e as relações pessoais calorosas entre os professores na escola são essenciais para o desenvolvimento das suas práticas docentes” (Anzelin; Marín-Gutiérrez; Choconta, 2020, p. 58). Nóvoa (2006) aponta a necessidade desse cuidado, especialmente com os professores em início de carreira.

Apontou-se, até o momento, a importância das emoções em três dimensões: 1) relação do aluno com a aula de Matemática e com o conteúdo; 2) relação do estudante com o professor; e 3) emoções do professor. A unidade **A25.1** evidencia a importância da introdução do tema “emoções” em sala de aula: “[...] A importância da sua introdução nos modelos educativos é inquestionável, vendo-se reforçada nos últimos anos por ser considerada um complemento essencial no tratamento das dimensões psicossociológicas em sala de aula” (Zafra; Rodríguez; Ruíz, 2019, p. 3). Ao introduzir esse assunto, ainda que de maneira transversal, os estudantes têm a possibilidade de desenvolver sua inteligência emocional. De acordo com a unidade **A25.3**, “[...] essa habilidade baseia-se na capacidade do indivíduo de ter consciência, compreender, controlar e expressar suas emoções de forma eficaz” (Zafra; Rodríguez; Ruíz, 2019, p. 4). De acordo com Dias, Cruz e Fonseca (2008), as emoções podem ser precedidas de eventos reconhecíveis, ou seja, na medida em que o indivíduo tem consciência de suas emoções, há possibilidade de manejá-las de uma melhor forma, orientando seu comportamento de maneira adequada.

A **motivação** também foi um fator considerado potencializador da aprendizagem de Matemática. Cerca de 16 unidades de sentido classificadas na subcategoria 1.3 - *Fatores que se configuram como potencializadores para a aprendizagem de Matemática* fizeram menção a este atributo. De acordo com Murray (1986, p. 20), **motivação** é “um fator interno que dá início, dirige e integra o comportamento de uma pessoa”. Na perspectiva de Balancho e Coelho (1996, p. 17), a motivação “[...] é o que desperta, dirige e condiciona a conduta de um sujeito para o alcance de um objetivo”. Para Pfromm (1987, p. 112), os aspectos motivacionais “[...] dirigem o organismo para um alvo em particular e mantém o organismo em ação”.

Todas as definições supracitadas têm em comum o fato de a motivação ser uma espécie de energia de ativação e manutenção de comportamentos até que determinado objetivo seja atingido. No caso particular de uma aula de Matemática, a motivação é necessária para que o estudante inicie a resolução de um problema e sustente tal comportamento até a finalização da atividade. De acordo com a unidade **A42.4**, “[...] A motivação faz parte do ambiente social e da cultura que permeiam as salas de aula e a escola” (Hardré, 2011, p. 215). Por esse motivo, a motivação é um fator que merece atenção, conforme explicitado na unidade **A28.5**: “[...] Os mesmos que destacam a influência das variáveis motivacionais no desempenho acadêmico e enfatizam a necessidade de cuidado e atenção” (Valdiviezo-Loayza; Rivera-Muñoz, 2022, p. 4).

A unidade **A45.1** coloca em relevo a importância da motivação, em especial na escola: “[...] Novas descobertas sobre o desenvolvimento do cérebro infantil, incluindo as redes cognitivas e os contextos subjacentes à aprendizagem e à motivação, têm o potencial de revolucionar os sistemas escolares em todo o mundo” (Feiler; Stabio, 2018, p. 17). Entretanto, Gazzaniga e Heatherton (2005) chamam a atenção para o fato de ser desejável um **nível ótimo de motivação** para que essa seja bem aproveitada para finalidades escolares. Níveis muito elevados ou muito baixo de motivação podem ter como consequência desatenção ou desempenho insatisfatório na atividade.

Os mesmos teóricos colocam em relevo a questão da **carga cognitiva** adequada para a realização de uma tarefa. De acordo com a unidade **A37.6**, “[...] um assunto percebido como difícil pode fornecer um desafio suficiente para desencadear padrões motivacionais negativos distintos” (Dommet *et al.*, 2013, p. 125). Entretanto, o professor deve prestar bastante atenção a esse item, pois tarefas percebidas como muito fáceis ou demasiadamente difíceis pelos estudantes podem desmotivá-los. Como informado pela unidade **A20.22**, “[...] os tópicos investigados mostram como o desenvolvimento de certas noções matemáticas e o desempenho

numérico estão associados a fatores motivacionais, contextuais e sociodemográficos” (Susperreguy; Peake; Gómez, 2020, p. 415).

Os **estados de motivação** possuem **quatro características**, quais sejam: 1) são **energizantes**: de forma análoga à energia de ativação, que desencadeia reações químicas, os estados de motivação desencadeiam comportamentos nos indivíduos; 2) **são diretivos**: servem para a satisfação de alguma necessidade específica; 3) **são persistentes**: os comportamentos podem se repetir até que o objetivo seja atingido; 4) **possuem força**: comportamento escolhido, dentre vários, em função da força motivacional para atingir tal objetivo (Gazzaniga; Heatherton, 2005).

Consideremos, como exemplo, um paciente pós-cirúrgico que pode escolher entre fazer fisioterapia para recuperar-se do joelho ou assistir TV, e decide pelos cuidados com a saúde, ou seja, realizar fisioterapia. Percebe-se a presença dessas quatro características relacionadas ao comportamento do indivíduo ao fazer tal escolha. O desejo de curar-se do joelho e voltar a andar (objetivo) desencadeou o **comportamento energizante**, ou seja, a ação que permitiu a realização de tratamento de reabilitação, a aceitação e procura de um tratamento com fisioterapeuta; é um **comportamento diretivo** visto que tem o objetivo específico de permitir que o indivíduo volte a andar; é um **comportamento persistente**, já que são necessárias várias sessões de fisioterapia para que o objetivo seja atingido; o **comportamento possui força**, na medida em que o paciente decidiu, dentre as opções disponíveis, cuidar da saúde em vez de assistir TV. De acordo com **A27.1**, “[...] essas estratégias não se limitam à área da cognição, mas também se referem a questões motivacionais e metacognitivas que obrigam o aluno a planejar, gerenciar e controlar individualmente seu próprio processo de aprendizagem” (Martín-Lobo *et al.*, 2018, p. 4).

Ainda que a recompensa/incentivo possa ser considerado um fator motivador extrínseco, é preciso ter cautela ao recompensar os estudantes. De acordo com a unidade **A38.7**, “[...] A relação entre incentivo e motivação obedece a uma função sigmoide, de forma que incentivos muito pequenos ou muito grandes, quando aumentados, pouco afetam a motivação” (Ribeiro, 2013, p. 10). Gazzaniga e Heatherton (2005) explicam que as recompensas devem ser coerentes com os esforços e realizações dos estudantes, sob pena de não repercutirem o efeito desejado.

Lourenço e Paiva (2010) evidenciam que a relação entre motivação e aprendizagem é **recíproca**. Ou seja, quanto mais motivado um estudante estiver, mais aberto ao aprendizado ele estará; por outro lado, quanto mais um estudante percebe seu avanço no aprendizado, mais motivado ele se torna. Sugere-se, portanto que a aprendizagem e a motivação se retroalimentam, conforme exposto na unidade **A42.2**: “[...] Sabemos que ensinar e aprender têm efeitos

recíprocos. O que os professores fazem influencia a motivação e as escolhas dos alunos, e o que os alunos fazem influencia a motivação e a prática dos professores” (Hardré, 2011, p. 214).

Considerando **atitudes docentes que podem motivar** os estudantes, Martini e Boruchovitch (2004) colocam em relevo: 1) **feedback positivo**: ao realizar a devolutiva de uma atividade, o professor pode iniciar pontuando os aspectos positivos da tarefa e, em seguida, apontar aquilo que precisa ser melhorado; 2) **avaliações e tarefas com nível adequado**: é recomendável que o docente observe a carga cognitiva adequada de atividades e avaliações, conforme apontado em duas unidades de sentido anteriormente; 3) **atividades que promovam crescimento e cooperação**: os estudantes tendem a se motivar se percebem que a tarefa está alinhada com seus objetivos pessoais, provocam crescimento holístico e podem ser realizadas de modo cooperativo; e 4) **orientação docente**: a percepção por parte do estudante que o professor o orienta de forma adequada é um fator motivador; 5) sugerir que o estudante “quebre” um objetivo maior em metas menores pode auxiliá-lo. A unidade **A42.7** coloca em relevo fatores que podem motivar estudantes de forma potencial:

[...] Em termos simples, os alunos se envolverão e se esforçarão para aprender os assuntos e conjuntos de habilidades que eles: 1) gostam pessoalmente e nos quais estão intrinsecamente interessados; ou 2) consideram valioso e útil no seu presente ou relevante e importante para os seus objetivos e aspirações futuras; e 3) acreditam que podem aprender e desenvolver competências em determinado assunto (Hardré, 2011, p. 215).

Gazzaniga e Heaterton (2005) apresentam uma classificação, considerando, como critério, as características dos fatores motivacionais. De acordo com os autores, a **motivação pode ser extrínseca ou intrínseca**. A motivação extrínseca dirige as ações do indivíduo para objetivos externos como, por exemplo, a compra de um automóvel. Por outro lado, a motivação intrínseca está relacionada ao prazer ou valor atrelado à tarefa como, por exemplo, a satisfação pessoal. De acordo com a unidade **A42.10**, “[...] A motivação, especialmente a motivação intrínseca e interna, oferece um enorme potencial para apoiar a aprendizagem profunda em Matemática” (Hardré, 2011, p. 216).

Considerando em particular a motivação de estudantes no ambiente escolar, Boruchovitch (2009) explicita comportamentos de estudantes motivados extrinsecamente e intrinsecamente. Recompensa, adquirir reconhecimento do professor, ou ter medo da punição dos pais são fatores considerados extrínsecos. Por outro lado, prazer em realizar as atividades propostas, ter interesse para aprender Matemática e satisfazer-se com seu desempenho não considerados fatores intrínsecos. A unidade **A42.29** explicita a importância de determinados

fatores para motivar internamente um estudante: “[...] À medida que conseguem recordar, compreender e usar a Matemática, ganham eficácia e motivação para enfrentar maiores desafios matemáticos” (Hardré, 2011, p. 230). Além disso, conforme **A42.8**: “[...] Em todos esses elementos da tarefa, componentes motivacionais como interesse, relevância, objetivos, eficácia, competência, autorregulação e autodeterminação permeiam os processos de aprendizagem e desempenho” (Hardré, 2011, p. 215-216).

Ainda com relação a aspectos motivacionais, Lourenço e Paiva (2010) evidenciam que há fatores internos que fazem com que os estudantes sintam-se motivados intrinsecamente, quais sejam: 1) **necessidade de autonomia**: todos têm a intenção de se autogovernar, cumprindo as tarefas que colocaram a si mesmos como meta; 2) **necessidade de competência**: é indispensável que o sujeito se sinta competente em determinadas tarefas, percebendo que consegue alcançar o objetivo proposto; e 3) **necessidade de pertencimento a grupos por meio do estabelecimento de vínculos**: parece plausível supor que, ao conseguir alcançar determinada meta, o indivíduo pode se sentir pertencente ao grupo, em especial, estudantes em idade escolar. Conforme a unidade **A44.6**, “[...] os alunos, intrinsecamente, motivados empregam níveis mais elevados de abordagens de raciocínio de fluxo livre e sistemático” (Aldous, 2006, p. 419).

Pelo exposto em relação à motivação, diferentes fatores estão arrolados, conforme colocado na unidade **A42.17**: “[...] Os construtos partilhados foram: objetivos de realização, capacidade percebida, apoio do professor e dos pares no ambiente de aprendizagem, estilo interpessoal do professor e motivação geral” (Hardré, 2011, p. 224).

As ideias desta subcategoria estão expostas no Quadro 71 a seguir:

Quadro 71 – Síntese da subcategoria 1.3.

SÍNTESE DA SUBCATEGORIA 1.3	
FATORES QUE SE CONFIGURAM COMO POTENCIALIZADORES PARA A APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA	
• Percebe-se que diferentes dimensões relacionadas ao processo de ensino e aprendizagem precisam ser analisadas e potencializadas. Algumas dessas dimensões ficam explícitas, tais como: a emoção, a motivação, atenção e os fatores ambientais (escola, família e comunidade), dentre outros; • A atenção foi outro fator apontado como potencializador para a aprendizagem de Matemática; a atenção tem influência na evocação de memórias de longo prazo. Sugere-se também que a atenção pode ser treinada e contribuir para a melhoria em diferentes domínios cognitivos; • Percebe-se, portanto, que ao treinar diferentes habilidades matemáticas, é possível tornar as tarefas mais automatizadas, exigindo cada vez menos a atenção do tipo sustentada e, por consequência, gerando menos gasto de energia e menos cansaço. Passa-se da atenção sustentada (AS) para a atenção dividida (AD);	

- Fazer perguntas, apontar pontos importantes do conteúdo, ver como os estudantes realizam as tarefas, dentre outras ações, podem auxiliar o professor a fazer os estudantes entrarem em estado de alerta e prestar atenção. Organizar a sala de aula de diferentes formas e utilizar recursos didáticos diversos, que recrutem diferentes órgãos dos sentidos, parecem ser algumas possibilidades para alcançar a atenção discente. Parece plausível supor que o recrutamento da atenção do estudante está relacionado às características da aula e com as atitudes do professor;
- Outro fator potencializador apontado nas unidades de sentido está relacionado à influência das **emoções** no processo de aprendizagem de Matemática. Sugere-se potencializar emoções positivas e valorizar a ocorrência de emoções negativas, pois o excesso de emoções positivas pode provocar o efeito contrário ao desejado;
- A emoção tem relação com a idade do estudante. Com o passar do tempo, o aluno tem maior facilidade de expressar e explicar suas emoções, em especial, as mistas;
- As emoções possuem impacto não somente na relação que o estudante possui com a Matemática, mas com a relação que o estudante acaba por estabelecer com o seu professor. Cabe salientar que é fundamental prestar atenção às emoções do professor;
- Sugere-se introduzir o tema das emoções nas aulas, ainda que de maneira transversal, para que os estudantes tenham a possibilidade de desenvolver sua inteligência emocional em sala de aula;
- A **motivação** também foi um fator considerado potencializador da aprendizagem de Matemática. No caso particular de uma aula de Matemática, a motivação é necessária para que o estudante inicie a resolução de um problema e sustente tal comportamento até a finalização da atividade;
- Sugere-se que exista um nível ótimo de motivação. Para tanto, um dos fatores para as quais os professores devem estar atentos é a carga cognitiva adequada das tarefas;
- Ainda que a recompensa/incentivo possa ser considerado um fator motivador extrínseco, é preciso ter cautela ao recompensar os estudantes;
- Quanto mais motivado um estudante estiver, mais aberto ao aprendizado ele estará; por outro lado, quanto mais um estudante percebe seu avanço no aprendizado, mais motivado ele se torna. Sugere-se, portanto, que a **aprendizagem e a motivação se retroalimentam, configurando uma relação recíproca**;
- Considerando **atitudes docentes que podem motivar** os estudantes: 1) **feedback positivo**; 2) **avaliações e tarefas com nível adequado**; 3) **atividades que promovam crescimento e cooperação** 4) **orientação docente**;
- A **motivação pode ser extrínseca ou intrínseca**. A motivação extrínseca dirige as ações do indivíduo para objetivos externos, como por exemplo, a compra de um automóvel. Por outro lado, a motivação intrínseca está relacionada ao prazer ou valor atrelado à tarefa.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

8.1.1.4 Fatores que se configuram como riscos (inibidores) para a aprendizagem de Matemática

Na subcategoria anterior denominada *Fatores que se configuram como potencializadores para a aprendizagem de Matemática*, foram apontados aspectos neurocientíficos considerados benéficos para a aprendizagem deste componente curricular.

Entretanto, a análise do *corpus* da presente investigação permitiu a emergência de *Fatores que se configuram como riscos/inibidores para a aprendizagem de Matemática*, que dá o título à subcategoria aqui apresentada. Esta subcategoria é composta por 93 unidades de sentido, representando cerca de 11% do total de unidades selecionadas para análise e concentra unidades de sentido cujas ideias núcleo **representam possíveis obstáculos para o sucesso escolar em Matemática**.

Tais obstáculos podem estar associados a diferentes dimensões, dentre os principais, pode-se citar: **fatores contextuais** (ambiente familiar, ambiente da sala de aula, ambiente escolar, ou comunidade escolar); **condições dos sujeitos envolvidos** na aprendizagem (alunos e professores); **fatores biológicos** (saúde em geral e alimentação); **fatores pedagógicos** (recursos e estratégias de ensino empregados) e **fatores que impedem a aproximação da Neurociência com a Educação Matemática**. A multiplicidade de causas que podem estar associadas a um baixo desempenho fica explícito em **A12.4**:

[...] sobre o mau desempenho, de acordo com os autores, este pode ser decorrente de fatores extrínsecos (ambientais) e intrínsecos (individuais) com base neurobiológica, incluindo também problemas emocionais (baixa autoestima e desmotivação) e problemas médicos e de saúde (Guedes; Blanco; Neto, 2016, p. 9).

De acordo com o supracitado, uma gama de fatores pode estar envolvida no mau desempenho em Matemática, conforme explicitado em **A25.10**:

[...] Isso levanta a possibilidade de que a relação entre inteligência emocional (IE) e desempenho escolar não seja simplesmente direta e linear, mas que outras variáveis ou características presentes no corpo discente possam estar envolvidas” (Zafra; Rodríguez; Ruíz, 2019, p. 9).

De acordo com **A25.10**, o bom desempenho acadêmico pode estar relacionado ao adequado equilíbrio das emoções (boa inteligência emocional). Entretanto, fica enfatizado que outras variáveis ou características dos indivíduos podem estar envolvidas.

De acordo com a unidade **A35.5**, “[...] uma incompatibilidade com os objetivos pessoais dos indivíduos pode, na verdade, afetar negativamente os processos de aprendizagem” (Jaeggi; Shah, 2018, p.4). Maslow (2019) explica que os seres humanos possuem diferentes tipos de necessidades e as classifica, de maneira hierárquica, em cinco níveis: 1) **básicas**; 2) **segurança**; 3) **sociais**; 4) **autoestima**; e 5) **autorrealização**. Para o autor, os alunos se motivam para agir com a finalidade de satisfazer tais necessidades.

As **necessidades básicas** referem-se às questões fisiológicas do indivíduo, tais como comer, tomar banho e dormir; as **necessidades de segurança** estão atreladas ao fato do sujeito sentir-se seguro como, por exemplo, ter uma casa para morar, sentir-se tranquilo nos lugares que costuma frequentar (a escola e o ambiente familiar, dentre outros); as **necessidades sociais** correspondem aos laços afetivos, estabelecidos com amigos, familiares, colegas de trabalho e professores, visto que o ser humano é social e necessita sentir-se incluído em grupo e interagir com seus pares; a **categoria da autoestima** diz respeito à aceitação do sujeito por ele mesmo, com suas qualidades e imperfeições; a **autorrealização** refere-se à obtenção de metas mais robustas e realização de sonhos (Maslow, 2019).

O autor chama a atenção para o fato de que esta divisão em diferentes dimensões é **hierárquica**, ou seja, primeiro é desejável satisfazer as metas básicas e assim sucessivamente até o alcance das metas de autorrealização, ainda que, na prática, essa hierarquização possa não ocorrer, mesmo que isso possa ser mais difícil. Em sala de aula, por exemplo, considerando a **dimensão de autorrealização**, o estudante pode perceber que os objetivos propostos pelo professor ou até mesmo pela própria instituição escolar não estão em consonância com as suas **metas pessoais** e isso pode ser desmotivador, sendo um fator inibidor da aprendizagem de Matemática.

A **classe econômica** a que pertencem os estudantes foi outro fator que emergiu da análise dos dados como um possível obstáculo para a aprendizagem de Matemática. Do total de estudos analisados, sete colocam este ponto em evidência, quais sejam: **A1, A3, A20, A21, A25, A35 e A40**. De acordo com a classificação apresentada anteriormente, é possível que este seja um fator de impacto desfavorável uma vez que estudantes de classes econômicas mais baixas podem não ter suas necessidades básicas (segurança ou sociais) atendidas e, como consequência, não conseguirem atingir metas de autorrealização. Destaca-se, entretanto, que isso não se configura como regra. Não se defende aqui que estudantes que não têm suas necessidades básicas atendidas não possam atingir metas de autorrealização, entretanto, este processo pode ser dificultado em função de tais condições.

A unidade **A35.6** evidencia que a **condição socioeconômica pode afetar negativamente as emoções** e, por consequência, a aprendizagem. Conforme **A35.6**:

[...] Além disso, a exposição ao estresse e as alterações biológicas resultantes são afetadas de forma diferente em função do status socioeconômico e da raça/etnia, o que tem implicações educacionais importantes, na medida em que esses fatores podem contribuir para a persistente disparidade racial-étnica e de desempenho socioeconômico (Jaeggi; Shah, 2018, p. 4).

Especialmente nas periferias, nota-se que os estudantes possuem deficiências em sua alimentação, más condições em suas moradias e na estruturação familiar, apenas para citar alguns aspectos. Uma vez que esses estudantes não têm as necessidades dos três primeiros níveis atendidas (Maslow, 2019), pode ser que venham a ter dificuldade de acessar o último nível (autorrealização), no qual as metas de sucesso escolar estão posicionadas. Não se defende aqui que este público não possa alcançar o sucesso escolar, porém há maior dificuldade de realização. De acordo com a unidade. **A21.21**: “[...] Especificamente, aspectos como desigualdade econômica, gênero e oportunidades de educação pré-escolar, que têm sido associados a desigualdades de desempenho em testes de matemática” (Pezzatti; Edelsztejn; Hermida, 2020, p. 9). A ideia de que a classe econômica pode ser um fator de impacto no desempenho em Matemática também está explícito nas unidades **A20.1**, **A20.9** **A21.2** e **A25.18**.

Diferentes unidades de sentido evidenciaram que os obstáculos para a aprendizagem de Matemática estão associados a **fatores que antecedem a aula de Matemática**. A unidade **A1.4** explicita que crianças de classes econômicas mais baixas costumam não apresentar habilidades numéricas ao iniciarem a vida escolar. De acordo com **A1.4**, “[...] pesquisas apontaram que crianças de origem nas classes mais baixas da sociedade dos Estados Unidos não trazem essas habilidades de casa ao iniciarem a vida escolar” (Ferreira; Gonçalves; Lameirão, 2019, p. 642). Cabe lembrar que o **acesso à educação pré-escolar** foi considerado um fator preditor para a aprendizagem de Matemática, conforme explicitado na subcategoria 1.1. Ainda que o estudo **A1** tenha feito referência à realidade norte-americana, compreende-se que há questões a serem sanadas, neste viés, na realidade brasileira e que dependem, dentre outros fatores, de políticas públicas, que escapam do escopo das instituições escolares e da atuação docente. Mesmo assim, na medida em que o *corpus* desta pesquisa permitiu a emergência deste indicador, acredita-se que ele tenha que ser citado, ainda que se tenha pouca gerência sobre ele.

A unidade **A3.9** evidencia que uma **condição econômica desfavorável** pode afetar as **funções executivas**, indispensáveis ao aprendizado de Matemática, conforme foi indicado na subcategoria 1.3 e será explicitado na categoria 3. De acordo com **A3.9**:

[...] as funções executivas também sofrem influência dos fatores ambientais, sejam estes negativos ou positivos. Baixa condição socioeconômica, por exemplo, afeta desfavoravelmente o desenvolvimento das Funções Executivas, enquanto a paternidade sensível e respeitosa, um traço positivo possível na infância do sujeito, pode ser benéfico ao desenvolvimento destas funções (Zardo; Schroeder, 2023, p. 326).

Nota-se que, além da condição socioeconômica, o **ambiente familiar**, materializado por meio da atitude de pais ou responsáveis, pode reverberar na aprendizagem.

A unidade **A40.23** evidencia que uma **condição econômica desfavorável** também pode afetar a **atenção seletiva**, atributo considerado indispensável ao aprendizado de Matemática, conforme foi indicado nas subcategorias 1.1 e 1.3, como também será explicitado na categoria 3. De acordo com **A40.23**, “[...] crianças de meios socioeconômicos mais baixos apresentam efeitos reduzidos da atenção seletiva no processamento neural precoce em relação aos seus pares de meios socioeconômicos mais elevados” (Stevens; Bavelier, 2012, p. 34).

Ramos *et al.* (2019) explicam que há quatro tipos de atenção, quais sejam: 1) **seletiva**; 2) **sustentada**; 3) **dividida**; e 4) **alternada**. A **atenção seletiva** é a que está relacionada à seleção de um foco entre diversos estímulos. A **atenção sustentada**, também chamada de vigilância, está associada à habilidade de manter a atenção por um período mais estendido em determinado ponto. A **atenção dividida** refere-se à capacidade de responder a mais de um estímulo dentro da mesma atividade. E, por fim, a **atenção alternada** é aquela que permite distribuir a atenção para que se consiga responder a mais de um estímulo em atividades distintas.

Além das condições socioeconômicas, as **emoções dos estudantes** também foram consideradas possíveis agentes inibidores da aprendizagem de Matemática. Dos 47 estudos analisados, percebeu-se que 9 colocaram as emoções em relevo, quais sejam: **A2, A12, A18, A23, A24, A28, A31, A40 e A44**. Harris (1996) classifica as emoções em três grupos: 1) **emoções positivas**: desencadeiam sentimentos agradáveis; 2) **emoções negativas**: desencadeiam sensações desagradáveis; e 3) **mistas**: podem desencadear sensações agradáveis e desagradáveis simultaneamente. Classificação similar é mostrada na pesquisa empreendida por Roazzi *et al.* (2011).

De acordo com a unidade **A31.12**, “[...] Pesquisas anteriores mostram que o problema de desempenho em Matemática está intimamente relacionado à emoção dos alunos na aprendizagem” (Amaran; Bakar, 2020, p. 5944). A pesquisa realizada por Amaran e Bakar (2020) analisou a influência de fontes emocionais na aprendizagem de Matemática. De acordo com os autores, as emoções negativas tiveram impacto desfavorável para aprender, conforme evidenciado em **A31.15**: “[...] Os alunos que têm muitas emoções negativas terão dificuldade em lembrar dos eventos novos que aprenderam na aula” (Amaran; Bakar, 2020, p. 5944). Em particular na aula de Matemática, na unidade **A31.35** afirma-se que “[...] Essas experiências negativas afetarão a capacidade dos alunos de resolver problemas matemáticos, bem como o desempenho da memória” (Amaran; Bakar, 2020, p. 5947).

Salienta-se ainda que **a própria dificuldade percebida pelos alunos inerentes à Matemática** pode funcionar como fator inibidor para aprender este componente, pois pode provocar emoções negativas. De acordo com **A31.19**, “[...] A dificuldade dos alunos em memorizar teorias, fórmulas, lógicas e fatos relativos aos números faz com que adquiram uma percepção negativa em relação ao aprendizado da Matemática” (Amaran; Bakar, 2020, p. 5944). Além disso, **dificuldades de leitura**, ainda que, à primeira vista, não pareçam ter relação com a Matemática, também apareceram como um obstáculo para a aprendizagem, conforme a unidade de sentido **A32.15**: “[...] em nosso estudo, indivíduos com dificuldades de leitura apresentaram déficits significativos em testes de raciocínio quantitativo” (Grant; Siegel; D’Angiulli, 2020, p. 15).

Para os autores, **emoções negativas** como raiva, vergonha, tédio e ansiedade podem ser evocadas e impactarem fatores que são basilares (conforme apontado na subcategoria 1.3) como, por exemplo, a **memória de trabalho**, conforme exposto em **A31.30**: “[...] Os resultados indicaram correlações fortes e negativas entre raiva, vergonha, ansiedade e tédio com a memória dos alunos na aprendizagem de Matemática” (Amaran; Bakar, 2020, p. 5947) – e **A31.34**:

[...] emoções negativas podem afetar o bem-estar comportamental e psicológico dos alunos porque eles têm medo de um ambiente de aprendizagem ditador, pânico para responder perguntas e vergonha de responder e participar das aulas (Amaran; Bakar, 2020, p. p. 5947).

Diferentes **fatores estressores** podem ser desencadeadores na **inibição do funcionamento adequado da memória de trabalho** e, conseqüentemente, da aprendizagem de Matemática. Fica explícito no estudo **A18** de acordo com a unidade **A18.18**:

[...] Isso se explica pelos efeitos fisiológicos e neurobiológicos que se manifestam, com o aumento da frequência cardíaca aumenta o estresse do indivíduo, impedindo o desempenho ideal em tarefas que exijam o uso da memória de trabalho (Camberos *et al.* 2020, p. 138).

Enfatizando a ideia de relação entre fatores estressores e sua influência na aprendizagem, tem-se a unidade **A40.31**, na qual afirma-se que “[...] a ansiedade matemática está associada a uma redução concomitante na capacidade de memória de trabalho e no desempenho em matemática” (Stevens; Bavelier, 2012, p. 40).

Ainda no estudo **A18**, apontam-se algumas causas que podem ser desencadeadoras de emoções negativas, dentre elas, o **estresse excessivo**. Segundo a unidade **A18.31**:

[...] ficou evidenciado que esse aprendizado é afetado devido às demandas acadêmicas, bem como a falta de organização e planejamento de tarefas, o que causa estresse, dependendo do nível de enfrentamento de cada indivíduo e sua personalidade (Camberos *et al.* 2020, p. 144).

Pela unidade citada, pode-se depreender que parece ser ação importante, por parte da família e da instituição escolar, **provocar no estudante hábitos concernentes à organização e ao planejamento de sua rotina escolar e de estudos fora da escola** na tentativa de dirimir aspectos estressores.

Além da memória de trabalho, a **atenção seletiva** também pode ser afetada pelas **emoções negativas**. A atenção seletiva foi apontada nas subcategorias 1.1 e 1.3 como sendo de fundamental importância para a aprendizagem de Matemática. De acordo com a unidade **A2.8**, “[...] Necessariamente, a Ansiedade Matemática influencia o desempenho a partir da capacidade reduzida da Memória de Trabalho, da atenção e de processos de controle cognitivo durante a resolução de problemas matemáticos” (Moura-Silva; Neto; Gonçalves, 2020, p. 256).

A unidade **A2.11** sugere que um **nível elevado de ansiedade relacionado à Disciplina de Matemática** faz com que os estudantes tenham dificuldade em manter o foco em atividades, o que demanda maior carga cognitiva. Em contrapartida, quando o estudante consegue manter o nível adequado das emoções e, em particular, da ansiedade, o foco é mantido por um período maior, conforme explicitado em **A2.11**:

[...] o estudo sugere que indivíduos com alta ansiedade tem uma tendência de exercer controle de atenção de forma reativa/transiente, isto é, somente quando o conflito é encontrado no processamento. Já indivíduos com baixa ansiedade, exercem o controle da atenção de forma proativa, mantendo os objetivos da tarefa ao longo do tempo (Moura-Silva; Neto; Gonçalves, 2020, p. 257).

A mesma ideia é sustentada na unidade **A2.13**. Sugere-se, ainda, que **emoções negativas** também possuem impacto desfavorável nas **funções executivas**, já apontadas, anteriormente, como primordiais para a apreensão de conceitos matemáticos, conforme **A2.16**: “[...] percebe-se que indivíduos com alta ansiedade matemática apresentam um controle atencional insuficiente, afetando, de modo particular, tarefas que requerem funções inibitórias e controle atencional” (Moura-Silva; Neto; Gonçalves, 2020, p. 261).

O fato de **repetir de ano** também parece ser um fator de influência para a aprendizagem de Matemática, conforme a unidade **A18.21**:

[...] demonstraram que essas habilidades têm baixo desempenho em relação aos alunos não repetentes dos anos escolares, principalmente nas tarefas de avaliação de memória de trabalho, cálculo mental e fluência verbal (Camberos *et al.* 2020, p. 138).

Tem-se como hipótese de que a reprovação não tenha repercussão direta nos atributos avaliados na pesquisa, mas nas **emoções negativas** dos participantes. A reprovação acarretará um obstáculo para a aprendizagem.

Portanto, percebe-se, de modo geral, que as **emoções negativas**, e em particular a ansiedade matemática, **podem provocar defasagens em aspectos basilares para a aprendizagem de Matemática**. A memória de trabalho, o controle inibitório, a flexibilidade cognitiva (funções executivas básicas), a atenção seletiva e sustentada e as funções executivas complexas podem atentar defasagens no aprendizado; conforme evidenciado em **A2.12**: “[...] mostrando que a ansiedade matemática impactou a eficácia do desempenho (nível de desempenho) e a eficiência de processamento (tempo para processar a tarefa)” (Moura-Silva; Neto; Gonçalves, 2020, p. 258).

Isso posto, parece necessário colocar em pauta de discussão nas escolas e no planejamento do professor, ainda que de maneira transversal, a **dimensão emocional**, tanto de estudantes como de professores. De acordo com **A23.4**, “[...] o que detalha a necessidade de a educação trabalhar a dimensão afetiva, uma vez que os alunos que apresentarem dificuldades emocionais prejudicarão o desempenho acadêmico” (Arboleda; Huamán, 2022, p. 70). De acordo com a unidade **A28.7**:

[...] entre seus resultados, ele destacou o aparecimento de fatores emocionais, e não contextuais, que influenciam significativamente o desempenho acadêmico, como a ansiedade e o gerenciamento do estresse (Valdiviezo-Loayza; Rivera-Muñoz, 2022, p. 5).

Percebe-se que, em muitas vezes, os **fatores emocionais podem se sobressair com relação aos fatores contextuais**. O contexto como um possível fator inibidor da aprendizagem de Matemática será detalhado em breve. Por fim, de acordo com **A44.9**, “[...] A emoção e o sentimento reduzidos prejudicam a capacidade de tomar uma decisão” (Aldous, 2006, p. 421).

Até o momento, colocou-se em relevo as emoções dos estudantes. Entretanto, deve-se considerar também as **emoções docentes** e como essas podem reverberar na aprendizagem de Matemática, partindo do pressuposto de que a figura do professor é fundamental para que os processos de ensino e aprendizagem possam ocorrer, ainda que, em uma perspectiva construtivista, sendo o professor um mediador do processo e não um transmissor de conhecimentos. De acordo com **A1.7**, “[...] os professores são os orquestradores da plasticidade neuronal de seus alunos durante o horário de aula” (Ferreira; Gonçalves; Lameirão, 2019, p.

654). Por este motivo, colocar em relevo, observar e tratar as emoções docentes parecem ser pontos sensíveis e que merecem atenção.

Possíveis causas de **sentimentos negativos por parte dos docentes** ficam evidenciadas na unidade **A24.30**: “[...] há perigo devido às emoções negativas permanentes, à exaustão e ao abandono por parte dos professores que trabalham em situações desafiadoras na sala de aula sem apoio suficiente” (Anzelin; Marín-Gutiérrez; Choconta, 2020). Trabalhar em situações desafiadoras, considerar não ter apoio suficiente, ter carga horária de trabalho excessiva, sentir-se exausto, não conseguir planejar adequadamente e não ter seu trabalho reconhecido podem ser considerados fatores que, possivelmente, despertem emoções negativas nos professores. A questão das **emoções negativas dos docentes** pode refletir nos estudantes, o que, porventura, possibilita a inibição da aprendizagem de Matemática. Conforme **A26.24**:

[...] No entanto, a tendência do professor em manifestar instabilidade emocional ou neuroticismo faz com que ele possa transmitir sentimentos de inferioridade e até aumentar os níveis de ansiedade em seus alunos [...] (Vélez; Zaluaga, 2022, p. 52).

O **contexto social** dos estudantes também pode ser um **agente inibidor para a defasagem na aprendizagem de matemática**, tanto de forma direta como indireta. Um contexto social que apresenta dificuldades pode, por si só, ser um fator inibidor ou, de forma indireta, vir a provocar emoções negativas e, por consequência, serem desfavoráveis à aprendizagem. Conforme a unidade **A18.17**:

[...] Em seu estudo, ele também sugere uma ampla correlação entre as variáveis estressantes mencionadas anteriormente e o contexto social que impacta esse processo, pois afirma que a memória de trabalho está envolvida no processo de aquisição de novos aprendizados (Camberos *et al.* 2020, p. 137).

O **contexto** pode ser considerado em diferentes dimensões, de forma mais particularizada ou abrangente. Considera-se contexto os ambientes e/ou situações nas quais os estudantes podem estar inseridos ou serem submetidos. Assim, o **seio familiar**, a **sala de aula**, a **escola** ou até mesmo a **comunidade**, na qual a escola está inserida, podem ser considerados contextos. De acordo com a unidade **A10.1**:

[...] um ambiente saudável estará sempre atrelado ao quanto ele influencia bem no desenvolvimento e na preservação da mente. O adoecimento está quase sempre ligado, no seu princípio, ao estresse ou a condições desumanas de convivência (Nascimento; Silva, 2020, p. 3).

Com relação ao **contexto familiar**, a unidade **A3.10** destaca a seguinte ideia:

[...] pais que são mais controladores, receosos e severos tendem a ter filhos com funções executivas piores do que pais que contribuem para o desenvolvimento da autonomia de suas crianças, deixando-as elaborarem perguntas, entregando um maior suporte e apoio emocional. Este último comportamento na parentalidade costuma gerar crianças com maior desenvolvimento das funções executivas, melhores notas escolares e maior resiliência (Zardo; Schroeder, 2023, p. 326).

A partir da unidade de sentido apresentada, percebe-se o **impacto que o contexto familiar pode causar na aprendizagem**, mesmo que, à primeira vista, ele pareça não afetar o contexto educacional de forma direta. No decorrer desta análise, já se destacou o papel primordial das funções executivas para a aprendizagem de Matemática, que podem sofrer impacto negativo de um contexto familiar desfavorável.

A unidade **A18.19** traz de forma mais focada o **ambiente escolar/sala de aula**. Segundo a unidade **A18.19**, “[...] as deficiências do contexto educacional também podem estar envolvidas, impactando diretamente no desempenho de várias funções executivas dos alunos, inclusive memória de trabalho” (Camberos *et al.* 2020, p. 138). Embora a unidade não tenha se referido diretamente à Matemática, observou-se que o contexto educacional pode ter impacto nas funções executivas básicas (Dias; Seabra, 2013), em particular na memória de trabalho, amplamente utilizada em atividades matemáticas.

Ainda considerando o contexto de sala de aula, sugere-se que os professores tenham especial atenção para a **carga cognitiva** (Gazzaniga; Heatherton, 2005) das tarefas, pois essa pode se configurar como um inibidor da aprendizagem de Matemática caso seja **demasiadamente elevada**. De acordo com **A24.19**:

[...] os professores devem desafiar os alunos sem ignorar a complexidade das diferenças individuais, uma vez que alguns desafios podem aumentar o stress, promover emoções negativas e afetar a sua relação com os alunos (Anzelin; Martín-Gutiérrez; Choconta, 2020, p. 56).

Em um contexto mais amplo que o da sala de aula, a **comunidade** em que a escola está inserida também pode ter efeito negativo para a aprendizagem de Matemática. O estudo **A42** investigou a influência de fatores motivacionais (ou não) em escolas rurais. De acordo com **A42.22**:

[...] As fontes comumente identificadas de falta de motivação foram a falta de empregos rurais, resultando em pobreza familiar (por exemplo, “eles são pobres e têm poucas opções aqui”), o isolamento rural, resultando em falta de experiências fora da comunidade (por exemplo, “eles nunca vão a lugar nenhum, então eles têm uma visão estreita do mundo”), e falta de apoio rural para a educação (por exemplo, “os pais aqui

não acham que seus filhos precisam de uma educação formal?”) (Hardré, 2011, p. 227).

Ainda que o estudo citado tenha sido concebido em um contexto bastante específico (escolas rurais norte americanas), pode-se trazer tais ideias para a realidade de escolas brasileiras, em especial àquelas localizadas na periferia. Muitas comunidades nas quais as escolas estão inseridas acabam por influenciar a motivação e, por consequência, as atitudes dos seus estudantes perante a aprendizagem. Por exemplo: a falta de perspectivas dentro da própria comunidade, falta de experiências em locais fora da comunidade e a percepção da falta de apoio governamental dentro das periferias. Estas possíveis limitações impostas pelo contexto podem afetar a aprendizagem dos estudantes, de acordo com **A24.17**: “[...] O desenvolvimento social e emocional limitado afeta a capacidade da criança de colaborar e aprender de forma eficaz com os pares” (Anzelin; Marín-Gutiérrez; Choconta, 2020, p. 55).

Na unidade **A18.19**, mostrada anteriormente, explicitou-se o impacto do ambiente da sala de aula para a aprendizagem. Outro ponto que pode impactar no ambiente escolar diz respeito à **didática do professor**, no qual incluem os **recursos**, as **estratégias** e as **atitudes** utilizadas pelo docente. De acordo com a unidade **A31.16**, “[...] métodos de ensino desinteressantes e enfadonhos fazem com que os alunos percam o interesse em aprender Matemática” (Amaran; Bakar, 2020, 5944).

Entretanto, o contrário pode não ser verdadeiro, de acordo com a unidade **A42.18**: “[...] Identifiquei estratégias para as salas de aula, distintas da suposição de que ensinar bem o conteúdo automaticamente inclui motivação” (Hardré, 2011, p. 226). Conforme exposto, **métodos de ensino inadequados podem desmotivar os estudantes** ao passo que, na visão dos estudantes que participaram da pesquisa apresentada em **A42**, utilizar bons recursos e estratégias, bem como o fato de ministrar uma boa aula, podem não ser fatores que potencializem a motivação e, consequentemente, a aprendizagem.

As **atitudes dos professores** perante os estudantes também podem impactar no ambiente de sala de aula. Conforme apontado em **A31.14**, “[...] Mais problemas surgem quando alguns professores usam uma **abordagem autocrática** no ensino, fazendo com que os alunos temam o aprendizado” (Amaran; Bakar, 2020, p. 5944, grifo próprio). Em uma abordagem deste estilo, o professor pensa ter poder ilimitado e absoluto e demonstra isso para os educandos. Tal postura pode desencadear emoções negativas que, por sua vez, têm impacto não desejado na aprendizagem de Matemática, conforme já mencionado no decorrer desta subcategoria e ainda exposto em **A31.13** ao afirmar: “[...] porque (os estudantes) têm medo de enfrentar os professores que são muito rígidos e sérios na hora de ministrar as aulas” (Amaran;

Bakar, 2020, p. 5944). Pondera-se que tal atitude docente não está em consonância com a vertente epistemológica construtivista defendida nesta tese. De acordo com Solé (1996, p. 42), “[...] os fatores afetivos são fundamentais: a disponibilidade mostrada aos alunos; o respeito e o afeto a eles transmitidos; a capacidade de mostrar-se acolhedor e positivo”.

Além da atitude docente, **os recursos didáticos** utilizados por ele também podem ser **possíveis inibidores** para a aprendizagem de matemática. De acordo com **A36.13**:

[...] Uma revisão recente revelou que apenas 3 em cada 20 pacotes de software de intervenção matemática relataram o uso de pesquisas em neurociências como ferramenta no desenvolvimento de intervenções (Susac; Braeutigam, 2014, p. 2).

Isso sugere importância da escolha de recursos educativos pelo professor. Aconselha-se que, na medida do possível, o professor opte por materiais que julgue estarem embasados na Neurociência, no caso particular da unidade apresentada, **softwares educativos**. Sabe-se, entretanto, que muitos instrumentos utilizados para o ensino não consideram conhecimentos neurocientíficos para a sua concepção e elaboração.

Ainda com relação aos recursos didáticos, enfatiza-se que **o uso excessivo de recursos tecnológicos expositivos**, muitas vezes vistos como benéficos, podem ser um obstáculo para a aprendizagem de Matemática. Conforme explicitado em **A30.13** “[...] Embora a maioria dos alunos relate gostar do *PowerPoint*, os alunos que recebem instruções por meio de slides do *PowerPoint* relatam uma incapacidade de foco e a tendência de pensar em outras informações além do conteúdo da aula” (Sullivan, 2018, p. 132). Parece haver dificuldade, por parte dos estudantes, de conseguir manter a atenção do tipo sustentada (Ramos *et al.*, 2019) quando a instrução acontece apenas dessa forma ou por muito tempo com o uso deste recurso.

Além dos recursos didáticos, as próprias **estratégias de ensino** utilizadas pelos professores ou o **modo de utilizar os recursos educativos** também podem ter impacto negativo na sala de aula. Segundo a unidade **A36.7**, “[...] sugeriram que quanto mais orientado por símbolos fosse um método, maior seria a carga no sistema de atenção do cérebro, o que poderia ajudar a explicar por que as manipulações simbólicas são geralmente consideradas difíceis” (Susac; Braeutigam, 2014, p. 2). Determinados conteúdos matemáticos, sobretudo aqueles relacionados às manipulações algébricas, exigem maior carga cognitiva dos estudantes, entretanto os professores podem ter cuidado para oferecer aos discentes aparatos educativos que exijam menos de suas capacidades cognitivas do ponto de vista biológico.

Ainda com relação às estratégias de ensino e as atividades que são propostas pelos docentes, fica explícito, de acordo com **A24.19**, que “[...] os professores devem desafiar os

alunos sem ignorar a complexidade das diferenças individuais, uma vez que alguns desafios podem aumentar o stress, promover emoções negativas e afetar a sua relação com os alunos” (Anzelin; Marín-Gutiérrez; Choconta, 2020, p. 56). Parece plausível supor que os professores tenham atenção especial à **individualidade do sujeito**, tanto **cognitiva** quanto **biológica**.

Ainda que se espere que os estudantes respondam às ações pedagógicas oferecidas pelo professor, sabe-se que os estudantes terão reações diversas, considerando a individualidade de cada um. De acordo com **A40.24**, “[...] Isto sugere que existem diferenças individuais durante o desenvolvimento na capacidade de mobilizar a atenção seletiva e, como resultado, modular o processamento neural precoce” (Stevens; Bavelier, 2012, p. 34). Visto que existem diferenças biológicas individuais em atributos fundantes para a aprendizagem, espera-se que o modo e o quanto um aluno aprende possam variar.

Na unidade **A12.4**, é dito: “[...] sobre o mau desempenho, de acordo com os autores, este pode ser decorrente de fatores extrínsecos (ambientais) e intrínsecos (individuais) com base neurobiológica, incluindo também problemas emocionais (baixa autoestima e desmotivação) e problemas médicos e de saúde” (Guedes; Blanco; Neto, 2016, p. 9). Ainda de acordo com a relação entre possíveis problemas de saúde e aprendizagem de Matemática, a unidade **A12.8** traz um aprofundamento:

[...] sabe-se que as dificuldades em Matemática relacionam-se tanto a fatores educacionais, como as estratégias pedagógicas, quanto a fatores de origem neurobiológica, como alterações no processamento no Sistema Nervoso Central e no desenvolvimento do senso numérico (Guedes; Blanco; Neto, 2016, p. 19).

A partir do exposto, pode-se depreender que questões relacionadas à **saúde** do estudante também podem ter repercussão na aprendizagem de matemática. Dentre os fatores de **saúde** que emergiram está a **falha no processamento fonológico** dos estudantes. Conforme apontado na subcategoria 1.1, ele é um fator preditor do sucesso escolar e, portanto, uma falha neste atributo pode se configurar como uma possível causa do fracasso escolar na disciplina de Matemática. Segundo a unidade **A8.22**, “[...] Os estudos revisados demonstram que déficits no processamento fonológico são fator de risco para dificuldades de leitura e matemática” (Silva *et al.*, 2015, p. 169).

Na investigação apresentada em **A32**, os estudantes com dificuldades somente em leitura e com entraves associados de Matemática e leitura apresentaram **defasagem no processamento fonológico**, conforme **A32.13** explicita:

[...] Nas três provas fonológicas, os participantes com dificuldade de leitura e dificuldade de leitura e matemática tiveram ambos escores de desempenho inferiores aos participantes TA, exibindo um déficit considerável e específico no processamento fonológico (Grant; Siegel; D'Angiulli, 2020, p. 15).

Tal déficit mostrou-se particularmente forte na correspondência grafema-fonema, conforme **A32.14**. Na unidade **A22.6** (Chamizo; Urbina, 2012), fica explícito que possíveis **problemas de surdez** podem afetar a aprendizagem, assim como **falta de habilidades visuais**, de acordo com **A27.29** (Martín-Lobo *et al.*, 2018).

Outro fator orgânico que emergiu como possível inibidor da aprendizagem foi a **falha na memória de trabalho**. Sua importância, neste processo, já foi evidenciada no decorrer desta análise, na subcategoria 1.2, sendo considerada um pré-requisito para muitas atividades que envolvem tal componente curricular. Conforme **A18.11**:

[...] Devido à alteração nessa área, podem ser desencadeados distúrbios generalizados como distúrbios de aprendizagem, deficiência intelectual, Transtorno do Espectro Autista (TEA), Asperger, além de distúrbios específicos de linguagem (TEL), dislexia, entre outros (Camberos *et al.* 2020, p. 133-134).

A **Discalculia** e o **Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade** (TDAH) também podem estar associados à operacionalidade anômala da memória de trabalho. Conforme constatado em **A18.12**:

[...] A discalculia também se encontra dentro deste grupo de patologias, das quais se encontra uma fraca operabilidade da memória do trabalho como causa deste distúrbio de aprendizagem, bem como problemas com a memória de curto prazo (MCP), ou seja, mau funcionamento do executivo central (memória visoespacial e função de inibição), referindo-se à teoria ou proposta multicomponente (Camberos *et al.* 2020, p. 134).

Ainda de acordo com **A18.13**, “[...] Na mesma linha do transtorno de neurodesenvolvimento (TND) verificou-se que a memória de trabalho está associada a sintomas de TDAH, destacando a desatenção e não a impulsividade” (Camberos *et al.* 2020, p. 134). Com relação ao atributo da atenção e possíveis déficits, a unidade **A16.7** enfatiza que ela é “[...] provavelmente um dos principais fatores que influenciam a qualidade do que é aprendido” (Puebla; Talma, 2011, p 384).

A memória de trabalho apresenta diferentes componentes. Mourão Junior e Faria (2015), inspirados no modelo de memória de Baddeley e Hitch (1974), explicam que é possível estabelecer um modelo de funcionamento da memória funcional que possui quatro componentes, quais sejam: 1) **executivo central**: responsável pelo sistema atencional do

indivíduo; 2) **esboço visuo-espacial**: gerenciamento temporário de informações imagéticas; 3) **alça fonológica**: gerenciamento temporário de informações sonoras; e 4) **retentor episódico**: gerenciamento de informações já armazenadas (Mourão Junior; Faria, 2015). De acordo com **A32.18**,

[...] Particularmente, estudos de neuroimagem usando a tarefa Corsi Blocks (um teste de reconhecimento de padrões visuoespaciais) relataram uma forte correlação entre déficits na habilidade visuoespacial e deficiência matemática (Grant; Siegel; D'Angiulli, 2020, p. 16).

Pelo exposto na unidade acima, é possível que a falha no **componente esboço visuo-espacial** possa se configurar como fator inibidor. Do mesmo modo, uma falha no **componente alça fonológica da memória de trabalho** pode ser possível causa de defasagem, de acordo com **A32.20**:

[...] Esses resultados sugerem que indivíduos com deficiências matemáticas ou de leitura isoladamente apresentam um comprometimento específico e persistente em seu sistema de memória operacional verbal, e que esse comprometimento é ainda mais pronunciado em indivíduos com comorbidades com deficiências matemáticas e de leitura, de uma maneira que é estatística e clinicamente significativo (Grant; Siegel; D'Angiulli, 2020, p. 17).

Ainda, em consonância com **A32.27**:

[...] um déficit generalizado no sistema de memória de trabalho verbal (especificamente o subcomponente do laço fonológico no modelo de Baddeley) prejudica tanto o armazenamento de curto prazo de informações verbais básicas quanto a recuperação de informações semânticas do armazenamento de longo prazo (Grant; Siegel; D'Angiulli, 2020, p. 19).

No estudo **A27**, fica evidenciado que **falhas concomitantes** nos componentes **visuo-espaciais** e **fonológicos** da memória de trabalho podem acarretar defasagens em Matemática, pois de acordo com **A27.27**:

[...] onde os alunos entre 7 e 11 anos que foram reprovados em disciplinas como Linguagem e Matemática apresentaram menor nível de desenvolvimento nos fatores visuais, auditivos, motores, espaço-temporais, linguagem e memória (Martín-Lobo *et al.*, 2018, p. 16).

O mesmo prejuízo relatado na unidade acima foi observado em estudantes em uma faixa etária maior (entre 13 e 16 anos), segundo a unidade **A27.4**.

Outro possível fator de risco para a aprendizagem é a **qualidade da alimentação**, que certamente está atrelada à saúde. Conforme **A38.2**, “[...] Toda manhã, jovens mal alimentados se dirigem às escolas. Não surpreendentemente, tais estudantes frequentemente apresentam déficits de aprendizado” (Ribeiro, 2013, p. 9). É possível que alimentação de qualidade seja uma condição potencializadora para a aprendizagem, independente de fatores pedagógicos. De acordo com **A38.4**, “[...] Isso sugere que, independentemente do método pedagógico empregado, a má nutrição afeta negativamente o aprendizado” (Ribeiro, 2013, p. 9).

Sabe-se que, muitas vezes, não é possível que os estudantes se alimentem de forma adequada em função de condições socioeconômicas e que há muitas problemáticas no Brasil referentes à fome que requerem atuação governamental de forma mais aprofundada. Além disso, a alimentação não é condição *sine qua non* para a aprendizagem, mas dificulta de maneira severa esse processo. Entretanto, não se pode deixar de colocar esse indicador em relevo, uma vez que o *corpus* desta pesquisa possibilitou a emergência desta interpretação.

A **linguagem** e os **conceitos** utilizados por educadores e neurocientistas parecem ser entraves que podem influenciar a aprendizagem na medida em que os conhecimentos e definições gerados e utilizados por uma determinada área podem se configurar em pontos concorrentes. De acordo com **A21.20**:

[...] Eles descobriram que enquanto os cientistas usam o termo memória para se referir aos circuitos neurobiológicos que fazem durar a aprendizagem de longo prazo, os professores da Educação Infantil entendem exatamente o oposto: o que eles chamam de ‘memorização’ de informações era uma aprendizagem de baixa qualidade e, portanto, facilmente esquecido (Pezzatti; Edelsztein; Hermida, 2020, p. 8).

Em uma vertente epistemológica construtivista, a memorização não se configura, necessariamente, em conhecimento matemático. Esta ação é mais valorizada e entendida como aprendizagem em uma perspectiva empirista. Ao contrário do Empirismo,

[...] aprender não é copiar ou reproduzir a realidade. Para a concepção construtivista, aprendemos quando somos capazes de elaborar uma representação pessoal sobre um objeto da realidade ou conteúdo que pretendemos aprender (Solé; Coll, 1996, p. 19).

Assim, aprender pressupõe uma elaboração autoral e **não apenas memorização**, por parte do sujeito que aprende. Ele fará isso a partir de seus conhecimentos prévios, experiências anteriores e interesses. Na medida em que essas características – experiências, conhecimentos prévios e interesses – são diferentes de um estudante para outro, é plausível supor que o conhecimento elaborado por cada indivíduo será único, com diferentes graus de

aprofundamento e complexidade. Assim, de acordo com **A21.22**, “[...] As diferenças na formação, na prática e na linguagem das duas áreas são apenas alguns dos obstáculos a esta integração” (Pezzatti; Edelsztejn; Hermida, 2020, p. 9).

Tendo em vista o empecilho da linguagem, a **comunicação entre as áreas** acaba por se configurar como possível fator restritivo para a aprendizagem. Conforme **A21.19**:

[...] Vários estudos têm demonstrado que a falta de comunicação entre os campos científico e educacional se deve, entre outras coisas, às diferentes linguagens utilizadas nesses campos. Existem ‘mal-entendidos’ e equívocos que dificultam a interação entre eles (Pezzatti; Edelsztejn; Hermida, 2020, p. 8).

Cabe ressaltar aqui que não somente a **falta de comunicação** entre as áreas pode inibir a aprendizagem, mas uma **comunicação equivocada** provocada por uma linguagem variada entre Neurociências e Educação Matemática, conforme evidenciado em **A1.6**: “[...] parece então que a comunicação – ou a falta de uma comunicação adequada – entre a Neurociência e a Educação, é um problema sério que precisa ser contornado” (Ferreira; Gonçalves; Lameirão, 2019, 645).

Em função desta **comunicação falha**, muitos conhecimentos neurocientíficos podem deixar de chegar às salas de aula. Portanto, a questão da comunicação pode ter impacto indireto na Educação Matemática, ainda que, à primeira vista, pareça um ponto distante da sala de aula e daqueles que devem tomar decisões políticas, cujo impacto pode ser nacional. Isso fica exposto em **A21.16** ao afirmar que “[...] muitos dos resultados não chegam às instituições de ensino e/ou não chegam àqueles que deveriam tomar decisões relevantes sobre o sistema educacional” (Pezzatti; Edelsztejn; Hermida, 2020, p. 7).

Nesse viés, torna-se imprescindível a **adoção de um quadro de comunicação comum entre educadores matemáticos e neurocientistas** a fim de dirimir possíveis falhas na comunicação, fazendo com que os achados neurocientíficos cheguem às escolas e ao poder público, conforme abordado em **A37.1**: “[...] propõe-se que seja necessário um quadro de comunicação específico que envolva a melhoria da literacia neurocientífica entre os educadores” (Dommatt *et al.*, 2013, p. 122) e em **A39.4**: “[...] Há muito que se aponta que a lacuna entre os dados da neurociência e a política educacional é “uma ponte longe demais” (Blakemore; Bunge, 2012, p. 1).

Bruer (1997) foi um dos pioneiros em criticar a aproximação entre Neurociência e Educação justamente por considerar que essa era uma “ponte longa demais”, referindo-se à divergência de linguagem e a impossibilidade de comunicação entre as áreas. A necessidade da

adoção de um quadro comunicativo que conjugue as áreas poderia diminuir a **ocorrência de neuromitos** que acaba por se configurar como outro fator inibidor à aprendizagem. **Neuromitos** são supostos fatos neurocientíficos entendidos popularmente como verdadeiros, mas que não possuam comprovação científica, ou que já foram refutados (Cosenza; Guerra, 2011). Conforme **A36.14**:

[...] É preocupante que métodos de ensino e aprendizagem infundados e baseados em neuromitos estejam em uso ou tenham sido anunciados para professores e profissionais da educação. Isto reforça a noção de que o conhecimento obtido a partir da neurociência de alta qualidade deve ser apresentado de uma forma não especializada a educadores matemáticos, pais e políticos, para que possam ser tomadas decisões informadas sobre questões educacionais (Susac; Braeutigam, 2014, p. 2).

Thomaz (2018), em estudo realizado com professores da área de Ciências da Natureza e licenciandos, cujo principal objetivo foi compreender a percepção dos participantes com relação à Neurociência e seu impacto no ambiente escolar. Um dos resultados foi a consequência negativa da presença de neuromitos no meio acadêmico e escolar, embora os sujeitos pesquisados tenham sugerido a importância de conhecimentos neurocientíficos para a aprendizagem e tenham demonstrado interesse em aprendê-los.

Além da linguagem e da comunicação, as **diferenças entre as formações** de pesquisadores em Neurociência e professores podem se configurar como impedimento indireto para a aprendizagem. De acordo com **A21.17**, “[...] Primeiro, se olharmos para a formação de professores e depois para a formação ministrada aos cientistas que pesquisam o ensino e a aprendizagem, descobriremos que são poucos os pontos que coincidem” (Pezzatti; Edelsztejn; Hermida, 2020, p. 7). Em virtude do tipo de trabalho que cada um desses profissionais exerce, é plausível supor que haja diferenças em seus percursos e conteúdos formativos. Simões e Nogaro (2016) explicam que há **diferenças entre métodos de pesquisa e objetivos de estudo** entre pesquisadores de ambas as áreas.

Por exemplo: professores e pesquisadores em educação tendem a centrar seus trabalhos em um viés qualitativo (Denzin; Lincoln, 2006; Flick, 2009; Creswell, 2014) e ter como ambiente de pesquisa o contexto educacional, com todas as suas nuances próprias (Lüdke; André, 1986). Por outro lado, neurocientistas tendem a trabalhar em uma perspectiva quantitativa, em ambientes controlados, focando-se em pesquisas clínicas (Menon, 2010; Obersteiner, 2010). Assim, conforme **A21.22**, “[...] As diferenças na formação, na prática e na linguagem das duas áreas são apenas alguns dos obstáculos a esta integração” (Pezzatti; Edelsztejn; Hermida, 2020, p. 9). No mesmo estudo, na unidade **A21.17**, esta ideia é endossada

ao afirmar que: “[...] se olharmos para a formação de professores e depois para a formação ministrada aos cientistas que pesquisam o ensino e a aprendizagem, descobriremos que são poucos os pontos que coincidem (Pezzatti; Edelsztejn; Hermida, 2020, p. 7).

Parece haver uma **carência na formação dos professores** no que se refere à Neurociência Cognitiva (Santos *et al.*, 2020) e isso pode se configurar como um obstáculo indireto para a aprendizagem de Matemática. Em função desta lacuna na formação, os docentes parecem não possuir preparo para incluir fundamentos de Neurociência em seus planejamentos de ensino (Alvarenga, 2019). Conforme apontado em **A31.26**, “[...] A razão é que a maioria dos professores carece de formação em neurociências ou de cursos relacionados às neurociências na educação” (Amaran; Bakar, 2020, p. 5945). Filipin *et al.* (2015) e Oliveira (2014) enfatizam a necessidade de os professores compreenderem o funcionamento do cérebro para que tenham condições de elaborar materiais didáticos e criar estratégias de ensino que tenham esse substrato teórico com balizador.

Uma possível sugestão para melhorar a formação dos professores relacionada aos conteúdos neurocientíficos seria oferecer essas informações a partir de **cursos de aperfeiçoamento**. Conforme é ponderado na unidade **A45.16**:

[...] Vários autores afirmam que deveríamos usar a própria neurociência educacional para combater os neuromitos que levam a métodos de ensino ineficazes ou sem suporte (por exemplo, cérebro direito/cérebro esquerdo e aprendizagem) (Feiler; Stabio, 2018, p. 22).

Tal medida pode ser eficiente visto que, conforme afirmado em **A45.15**:

[...] Os neuromitos surgem de desafios na comunicação da neurociência educacional, e não da validade da própria ciência; tais desafios de comunicação não são exclusivos da neurociência educacional, mas comuns a todas as ciências translacionais ou aplicadas que envolvem múltiplas disciplinas (Feiler; Stabio, 2018, p. 21).

Além da formação distinta, as **condições de trabalho** e a **finalidade do ofício** de cada um desses profissionais parecem não favorecer essa desejada integração. De acordo com **A21.18**, “[...] as funções docentes não oferecem as mesmas oportunidades de pesquisa que os cientistas oferecem” (Pezzatti; Edelsztejn; Hermida, 2020, p. 8).

A síntese das ideias desta subcategoria está apresentada no Quadro 72 a seguir:

Quadro 72 – Síntese da subcategoria 1.4.

SÍNTESE DA SUBCATEGORIA 1.4 FATORES QUE SE CONFIGURAM COMO RISCOS/INIBIDORES PARA A APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA
• Os obstáculos para a aprendizagem de Matemática podem estar associados a fatores de diferentes dimensões, quais sejam: fatores contextuais (ambiente familiar, ambiente da sala de aula, ambiente escolar ou comunidade escolar); condições dos sujeitos envolvidos na aprendizagem (alunos e professores); fatores biológicos (saúde, alimentação); fatores pedagógicos (recursos e estratégias de ensino empregados) e fatores que impedem a aproximação da Neurociência com a Educação Matemática; • O indivíduo pode se sentir motivado para ação com a finalidade de suprir suas necessidades. Tais necessidades apresentam diferentes dimensões, quais sejam: 1) básicas; 2) segurança; 3) sociais; 4) autoestima e 5) autorrealização. As realizações relacionadas ao ambiente escolar e ao desempenho acadêmico fazem parte da categoria 5 (autorrealização). Em geral, considera-se mais adequado suprir tais necessidades de maneira hierárquica, embora isso não se configure como uma regra; • A incompatibilidade entre os objetivos propostos pelo professor ou, até mesmo, pela própria instituição escolar com as metas pessoais do estudante pode ser desmotivador, sendo um fator inibidor da aprendizagem; • A classe econômica foi considerada fator inibidor para a aprendizagem de Matemática na medida em que os estudantes podem, porventura, não terem suas necessidades básicas, de segurança ou sociais atendidas e, como consequência, não conseguirem atingir metas de autorrealização; • A condição socioeconômica pode se configurar como possível obstáculo para a aprendizagem de Matemática na medida em que ela pode afetar negativamente as emoções; • Fatores que antecedem a aula de Matemática podem ter influência na aprendizagem de Matemática, tais como: falta de acesso à educação em nível pré-escolar e o ambiente familiar e da comunidade em que a escola está inserida podem ter impacto nas funções executivas dos estudantes; • A atenção seletiva parece ficar prejudicada em contextos socioeconômicos desfavoráveis; • As emoções dos estudantes também podem ser consideradas fatores inibidores da aprendizagem de Matemática. Emoções negativas e fatores estressores podem interferir de maneira negativa nas funções executivas (memória de trabalho, controle inibitório, flexibilidade cognitiva e atenção seletiva), considerados basilares à aprendizagem de Matemática; • Aspectos estressores podem desencadear emoções negativas. Hábitos concernentes à organização e ao planejamento da rotina escolar e de estudos podem dirimir aspectos estressores; • A própria dificuldade percebida pelos alunos inerentes à Matemática, dificuldades de leitura e reprovação podem funcionar como fatores inibidores para aprender este componente; • Parece que incluir a dimensão emocional, ainda que de maneira transversal, nas aulas de Matemática pode contribuir para a obtenção de bom desempenho acadêmico; • Sugere-se atenção especial às emoções dos professores. Como possíveis causas da origem de emoções negativas podem ser apontadas: trabalhar em situações desafiadoras, apoio insuficiente, ter carga horária de trabalho excessiva, sentir-se exausto, não conseguir planejar adequadamente e não ter seu trabalho reconhecido podem ser considerados fatores que podem vir a despertar emoções negativas nos professores; • Fatores contextuais desfavoráveis podem ser possíveis inibidores da aprendizagem de Matemática. Os contextos podem se dar em diferentes dimensões (familiar, a sala de aula, a escola ou a

comunidade). Ainda que o contexto possa não ter influência direta sobre a aprendizagem, ele pode **atuar nas emoções e na motivação do estudante**, afetando a aprendizagem de Matemática;

- No contexto de sala de aula, sugere-se que os professores tenham atenção com relação à **carga cognitiva elevada das tarefas** oferecidas aos estudantes; carga cognitiva elevada podem despertar emoções negativas uma vez que os estudantes não conseguem realizar a tarefa, provocando desmotivação e, conseqüentemente, impactos negativos na aprendizagem;
- A **didática do professor**, expressa em função dos **recursos** e **estratégias de ensino adotadas**, foi apontada como possível obstáculo para a aprendizagem de Matemática, ao passo que ensinar bem pode não ser considerado um fator motivador de impacto positivo na aprendizagem na visão dos estudantes;
- Sugere-se que a **aula não seja ministrada considerando somente recursos tecnológicos expositivos**, na medida em que a atenção focada e a atenção sustentada tendem a ficar prejudicadas;
- Uma abordagem **autocrática no ensino** pode afetar as emoções dos estudantes de maneira negativa, tendo como consequência possíveis prejuízos na aprendizagem; mostrar-se **afetivo, disponível, acolhedor e respeitoso** são atitudes desejáveis que podem fazer emergir emoções positivas nos estudantes;
- Sugere-se escolher os **recursos pedagógicos** tendo como base conhecimentos neurocientíficos. As **estratégias didáticas adotadas podem considerar o nível adequado de carga cognitiva** do estudante, ainda que se saiba que determinados conteúdos matemáticos exigem maior representação simbólica, recrutando o cérebro de maneira mais acentuada;
- Problemas relacionados à **saúde** do estudante também podem ter repercussão na aprendizagem de Matemática como, por exemplo, fatores de origem neurobiológica, como alterações no processamento no Sistema Nervoso Central (falha no processamento fonológico, falhas na memória de trabalho, problemas de surdez e falta de habilidades visuais);
- A **fraca operacionalidade da memória de trabalho** pode estar associada, por exemplo, ao **Transtorno do Espectro Autista (TEA)**, **Discalculia** e o **Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH)**;
- De acordo com pesquisas, a **atenção é um dos atributos neurocientíficos que tem maior influência sobre o que é aprendido**, em particular, no componente curricular de Matemática;
- A memória de trabalho possui quatro componentes: 1) **executivo central**: responsável pelo sistema atencional do indivíduo; 2) **esboço visuo-espacial**: gerenciamento temporário de informações imagéticas; 3) **alça fonológica**: gerenciamento temporário de informações sonoras; e 4) **retentor episódico**: gerenciamento de informações já armazenadas. As falhas no processamento fonológico, bem como a fraca operacionalidade da memória de trabalho que foram mencionadas, podem se referir à imprecisão de algum desses componentes, que pode acontecer de forma isolada ou concomitante;
- O fato de **manter uma alimentação saudável** pode ser um fator benéfico à aprendizagem, ainda que se tenha presente todas as questões de dificuldades, em particular no Brasil, à sua plena efetivação;
- A **linguagem** e os **conceitos** utilizados por educadores e neurocientistas parecem ser entraves que podem influenciar a aprendizagem na medida em que os conhecimentos e definições gerados e utilizados por uma determinada área podem se configurar em pontos concorrentes;
- **Falta de comunicação** entre as áreas ou uma **comunicação inadequada** podem inibir o uso de conhecimentos neurocientíficos em instituições de ensino, podendo se tornar obstáculos indiretos à aprendizagem;
- A existência de **neuromitos**, tanto no meio acadêmico como escolar, pode ser um dificultador indireto à aprendizagem;

- Sugere-se a **criação e adoção de um quadro de comunicação comum** entre as áreas de Neurociência e Educação Matemática;
- As **diferenças entre as formações e condições de trabalho** de pesquisadores em Neurociência e professores podem se configurar como impedimento indireto para a utilização destes conhecimentos em salas de aula.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

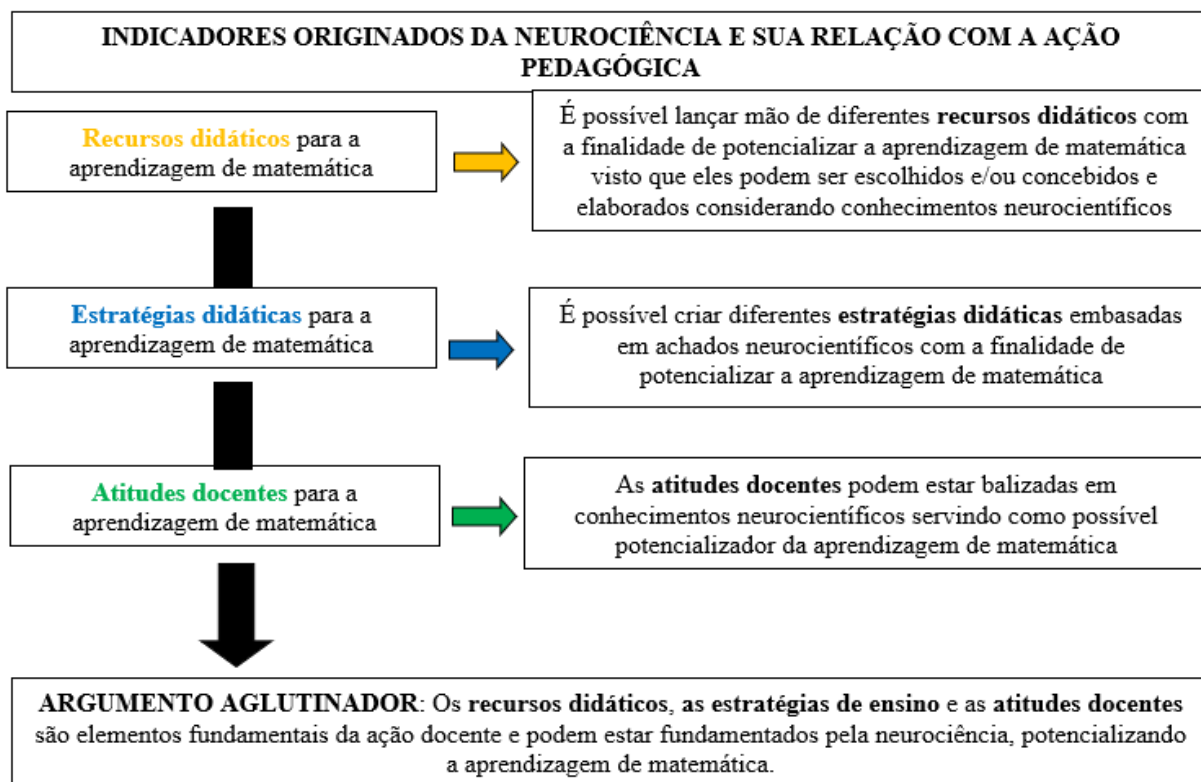
8.1.2 Categoria 2 – Fatores originados da Neurociência e sua relação com a ação pedagógica

A categoria intitulada *Fatores originados da Neurociência e a sua relação com a ação pedagógica* congrega unidades de sentido que têm relação com achados neurocientíficos que apontam possibilidades de **recursos didáticos, estratégias pedagógicas e atitudes docentes que podem ser utilizados para alavancar a aprendizagem de Matemática**. Fazem parte dessa categoria 251 unidades de sentido, que correspondem a 29,74% das unidades selecionadas.

Com o intuito de organizar a análise, dividiu-se essa categoria em três subcategorias: 2.1) *Recursos didáticos baseados na Neurociência que podem contribuir com a aprendizagem de Matemática*; 2.2) *Estratégias didáticas baseados na Neurociência que podem contribuir com a aprendizagem de Matemática*; e 2.3) *Atitudes docentes que, à luz da Neurociência, podem contribuir com a aprendizagem de Matemática*.

A seguir, apresenta-se o Esquema 14 de organização desta categoria e seu argumento aglutinador:

Esquema 14 – Organização da categoria 2: Indicadores originados da Neurociência e a sua relação com a ação pedagógica.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

De acordo com a unidade **A7.2**:

[...] Observam-se, no entanto, outros fatores e condicionantes tanto internos quanto externos que precisam ser considerados nas avaliações psicológicas e neuropsicológicas, tais como o funcionamento cerebral e cognitivo, além dos fatores socioculturais e estilos de ensino, de modo a fornecer escores fidedignos e válidos para indicar o nível do desempenho e da compreensão matemática de cada indivíduo (Dias *et al.*, 2021, p. 24).

O nível de desempenho dos estudantes em Matemática, tanto em avaliações psicológicas e neuropsicológicas (contexto clínico), quanto em sala de aula (contexto educacional) deve considerar uma multiplicidade de fatores, dentre eles o **estilo de ensino**, conforme apontado na unidade **A7.2**. Ocorre que esse estilo de ensino pode estar associado aos **recursos didáticos** escolhidos pelo professor, **as estratégias pedagógicas** adotadas por ele e as suas **atitudes em sala de aula**. Assim, esta categoria colocará em destaque esses três aspectos, embasados em conhecimentos neurocientíficos.

8.1.2.1 Subcategoria 2.1 – Recursos didáticos baseados na Neurociência que podem contribuir com a aprendizagem de Matemática.

A concepção, elaboração e escolha de **recursos didáticos** parecem ser pontos cruciais do trabalho docente, em particular, no componente curricular de Matemática, conforme exposto na unidade **A33.6**, “[...] Na educação matemática, os materiais utilizados para o ensino de conceitos difíceis de aprender são muito importantes” (Mutlu; Akgun, 2019, p. 239). De acordo com **A33.7**, “[...] Ensinar conceitos abstratos sem usar materiais didáticos aos alunos dificulta a compreensão dos conceitos e as conexões entre os conceitos” (Mutlu; Akgun, 2019, p. 239). Ainda de acordo com **A17.2**:

[...] Assim, o sistema executivo está mais intimamente relacionado com atividades intencionais, novas e não rotineiras, que requerem inibição de respostas habituais, requerem planejamento e tomada de decisão e requerem flexibilidade mental e atenção sustentada (Miranda; Buils; Roqueta, 2020, p. 206).

Tendo em vista a importância dos materiais pedagógicos exposta nas unidades de sentido anteriormente apresentadas, sugere-se que a **escolha** desses materiais ocorra de forma **intencional**, considerando os **objetivos** pretendidos para a aula de Matemática. Parece que a Neurociência tem potencial para servir de embasamento para tal escolha, conforme evidenciado em **A6.2**: “[...] [a neurociência] ajudou o professor a entender a estrutura e a função do cérebro dos alunos para escolher os materiais adequados para o seu nível cerebral” (Rabelo, 2022, p. 10).

Além de escolher, as ações de **conceber e elaborar materiais pedagógicos** também podem fazer parte do escopo do trabalho docente. O delineamento desses materiais pode contar com o **auxílio e expertise de outros profissionais**, levando em consideração atributos que são basilares para a aprendizagem de Matemática como o funcionamento das **funções executivas**, conforme evidenciado em **A39.12**: “[...] Os autores argumentam que a pesquisa neurocientífica sobre o desenvolvimento da memória tem implicações diretas para o design de materiais instrucionais apropriados à idade” (Blakemore; Bunge, 2012, p. 3).

A Neurociência poderá servir como substrato teórico para **idealização de materiais de diferentes categorias**, tais como *softwares*, materiais manipulativos, modelos físicos de escala (Costa; Lima; Biembengut, 2023), jogos, dentre outros. De acordo com **A1.9**, a Neurociência:

[...] visa aplicar as descobertas da ciência cognitiva e da neurociência ao aprendizado em sala de aula e pode projetar materiais educacionais e atividades baseadas em

pesquisas que promovem o aprendizado em softwares educacionais, na televisão infantil ou em playgrounds” (Ferreira; Gonçalves; Lameirão, 2019, p. 659).

Sugere-se que a **colaboração de profissionais de diferentes áreas** pode ser benéfica para a concepção e elaboração de recursos pedagógicos, conforme evidenciado em **A29.27**:

[...] Braithwaite *et al.* deu recomendações práticas para a aprendizagem matemática em geral, incluindo que os designers instrucionais e os instrutores prestem atenção aos conjuntos de problemas e se concentrem em facilitar e aumentar a probabilidade de as crianças selecionarem estratégias apropriadas para problemas específicos (Medrano; Prather, 2023, p. 289).

Parece que o **olhar multiprofissional sobre a formulação de materiais** pode colaborar para a **adequação da carga cognitiva** daquilo que será disponibilizado aos estudantes (Gazzaniga; Heatherton, 2005), aumentando as possibilidades de sucesso na aprendizagem de Matemática.

Sugere-se ter atenção para as **propriedades dos aparatos pedagógicos** utilizados para ministrar aulas de Matemática. A possibilidade de **oferecer materiais que explorem diferentes sentidos** parece ser adequada, visto que há diferentes signos para expressar conceitos, conforme evidenciado em **A43.2**: “[...] Seus conceitos são veiculados por meio dessa multiplicidade de signos, com cada signo enfatizando ou desvalorizando diferentes características de um conceito” (Thomas *et al.*, 2010).

A **importância da multisensorialidade** fica evidenciada em **A4.4** “[...] Os resultados deste estudo apontam para uma necessidade de foco no treinamento e melhoria das capacidades de processamento multissensorial no ensino de vocabulário a alunos com baixo desempenho” (Flor, 2017, p. 128). Ainda que esta unidade esteja relacionada ao ensino de vocabulário, a atitude de oferecer recursos multissensoriais parece ser adequada, também, para a disciplina de Matemática. Recursos que explorem múltiplos sentidos podem recrutar diferentes redes neurais e favorecer a **plasticidade cerebral** (Herculano-Houzel, 2002; Spitzer, 2007; Cosenza; Guerra, 2011; Kandel *et al.*, 2014).

Em dois estudos, fica evidente que a **utilização de recursos visuais** pode vir a ser potencializadora para a aprendizagem. De acordo com **A30.5**, “[...] Este efeito sugere que os alunos precisam experimentar algum estímulo visual para aprender ativamente” (Sullivan, 2018, p. 130). Ainda de acordo com **A43.6**, “[...] Assim, para este grupo havia uma tendência a valorizar e utilizar imagens visuais, particularmente na sua aprendizagem pessoal da matemática” (Thomas *et al.*, 2010, p. 613). Chama-se atenção para o fato de que o **apelo visual durante as aulas costuma ser bastante valorizado** no ensino de Matemática, ainda que seja

desejável a exploração também de outros sentidos, conforme já mencionado anteriormente em **A4.4**.

Além de explorar múltiplos sentidos por meio de materiais multissensoriais, a **ludicidade** parece ser outro fator que pode impactar positivamente a concepção e desenvolvimento de materiais pedagógicos, tendo como consequência possíveis reverberações na aprendizagem. Huizinga (2000) explica que, em geral, os jogos podem apresentar tal característica, não sendo uma característica exclusiva destes. Conforme evidenciado em **A12.5**, “[...] o lúdico influenciou positivamente no aspecto intelectual, social e emocional” (Guedes; Blanco; Neto, 2016, p. 9).

De acordo com **A11.1**:

[...] é perceptível que os jogos desenvolvidos, possibilitaram avanços no desempenho em Matemática das crianças participantes do estudo, evidenciando-se assim, que é possível por meio do lúdico, trabalhar as dificuldades individuais, potencializando as habilidades preservadas e reabilitando as habilidades em defasagem (Avila; Lara; Lima, 2016).

Como resultados do estudo **A11**, constatou-se que **a ludicidade favoreceu a aprendizagem de Matemática**, sobretudo daqueles estudantes com alguma defasagem. De acordo com **A11.3**, “[...] no que concerne aos principais resultados, as dissertações convergem, pois verificou-se que as intervenções psicopedagógicas desenvolvidas com os participantes, por meio do lúdico, possibilitaram avanços no desempenho em Matemática” (Avila; Lara; Lima, 2016, p. 17). A mesma ideia é endossada em **A11.2**.

O **modo de estruturar uma tarefa** também foi evidenciado como agente intensificador da aprendizagem de Matemática em três estudos distintos. De acordo com **A24.18**:

[...] A instrução bem estruturada e clara e o uso de tarefas desafiadoras promovem a compreensão do aluno, que experimenta aumento da autoconfiança e prazer, e redução do tédio e da ansiedade (Anzelin; Marín-Gutiérrez; Choconta, 2020, p. 56).

Percebe-se que o modo de organizar uma atividade pode intensificar as **emoções positivas dos estudantes** (Harris, 1996; Fonseca, 2016), tendo possíveis benefícios na aprendizagem de Matemática. Este atributo foi apontado como potencializador no contexto escolar na subcategoria 1.3 desta análise.

O modo de estruturar uma tarefa tem relação com o **nível de desafio** oferecido aos estudantes a partir da atividade. A **carga cognitiva adequada** (Gazzaniga; Heatherton, 2005)

pode ter influência na **motivação discente no ambiente escolar** (Boruchovitch, 2009). De acordo com **A42.9**:

[...] Um certo nível de desafio é motivacionalmente positivo, pois contribui para o envolvimento cognitivo, mas para além do intervalo em que o sucesso é visto como alcançável, demasiada dificuldade percebida produz desamparo e desistência (Hardré, 2011, p. 216).

Pelo exposto, o nível de desafio pode servir como motivador (se adequado) ou desmotivador (se abaixo ou acima do adequado).

A **consciência fonológica** (Freitas, 2004) foi apontada na subcategoria 1.1 desta análise como um **possível fator preditor** para a aprendizagem de Matemática. De acordo com o exposto em **A8.14**:

[...] De acordo com os autores, a natureza da associação entre consciência fonológica e matemática está relacionada ao fato que manipulações fonológicas exigem processos aritméticos (por exemplo, tarefas de supressão de fonemas exigem, literalmente, a subtração de um som) e envolvem memória de trabalho (Silva *et al.*, 2015, p. 164).

De forma mais particular, a unidade **A8.21** aponta a importância da consciência fonológica para a aritmética. Conforme **A8.21**:

[...] Um aspecto da matemática que frequentemente tem sido associado ao processamento fonológico é o resgate de fatos aritméticos, principalmente os de adição e multiplicação, cuja resolução é mais dependente de estratégias verbais (Silva *et al.*, 2015, p. 167).

Deste modo, sugere-se **explorar a consciência fonológica** dos estudantes. A unidade **A8.13** evidencia algumas possibilidades para a ocorrência dessa inserção: “[...] A consciência fonológica pode ser investigada através de tarefas que exigem a distinção dos sons que formam as palavras, como detecção de rimas e junção de sons isolados para criar palavras” (Silva *et al.*, 2015, p. 164). Embora **rimas e formação de palavras** tenham sido utilizadas como estratégias com cunho clínico, acredita-se que elas possam ser usadas com viés didático para aperfeiçoar a consciência fonológica dos estudantes e, conseqüentemente, favorecer a aprendizagem de Matemática, visto que ela foi considerada um preditor da aprendizagem.

Além da consciência fonológica, evidenciou-se que a **memória de trabalho também foi considerada um atributo preditor da aprendizagem de Matemática** (Vélez; Montoya-Zuluaga, 2022). A análise do *corpus* desta pesquisa permitiu evidenciar inúmeras atividades

que tem como principal objetivo avaliar a memória de trabalho. De todo modo, acredita-se que tais tarefas podem se configurar como possibilidades para o treinamento da memória de trabalho que, de forma indireta, acarretaria possíveis melhoras em Matemática, visto que se trata de uma preditora.

De acordo com **A14.23**:

[...] A possibilidade de desenvolver tarefas a partir do modelo de memória operacional é interessante e corrobora o caráter funcional da MO [memória operacional], no entanto é preciso analisar os dados psicométricos dessas tarefas. Isso é interessante, pois diferentes tarefas apresentam formas e intensidade da manipulação da informação na MO de maneira mais acentuada (Siquara; Dazzani; Abreu, 2014, p. 263).

Compreende-se que a análise de dados psicométricos faz parte do escopo do trabalho de psicólogos e nem se desejaria tal ação por parte dos professores. Entretanto, entende-se que tais tarefas podem auxiliar no treinamento da memória de trabalho de diferentes formas e intensidade. Parece que a adaptação dessas atividades para o contexto da aula de Matemática se mostra como possibilidade viável.

Sendo assim, no Quadro 73 a seguir, são apresentadas algumas unidades de sentido adaptadas do estudo **A14** (Siquara; Dazzani; Abreu, 2014), que contém o título da tarefa e breve explicação de como se pode operacionalizá-las com os alunos.

Quadro 73 – Sugestões de atividades para exercitar a memória de trabalho.

Código da unidade de sentido	Título da atividade	Modo de operacionalizar a atividade com os estudantes
A14.2	Cubos de Corsi	A tarefa consiste em nove cubos montados em uma plataforma. Na primeira tarefa, o examinador toca nos blocos e o examinando toca na mesma sequência, formando a ordem direta. Na segunda tarefa, o examinando deve tocar os cubos na ordem inversa.
A14.3	<i>Hide-and-peek</i>	O pesquisador, acompanhado da criança, esconde objetos familiares que são similares em forma e tamanho em vários locais. Após um intervalo, a criança é incentivada a procurar cada objeto até que todos sejam encontrados.
A14.4	<i>Spin the Pots</i>	As crianças são orientadas a procurar objetos que são apresentados. Os objetos são cobertos em potes opacos, que são girados, modificando a posição deles.
A14.5	<i>Knox's-cube</i>	A tarefa é constituída por uma fileira alinhada de quatro cubos presos a uma base. O examinador toca em uma sequência de cubos. A tarefa do experimentando é tocar a mesma ordem de imediato. A outra tarefa é tocar os cubos na ordem inversa.
A14.6	Matriz de Pontos	A tarefa visual envolve lembrar o local e a ordem de pontos exibidos em sequência de uma grade na tela do computador.

A14.7	<i>Spatial Working Memory</i>	Os experimentandos são solicitados a buscar fichas azuis dentro de caixas que aparecem na tela de um computador. A instrução chave é que uma vez que uma ficha tenha sido encontrada dentro de uma caixa a qual não será utilizada novamente. Pelo processo de eliminação, o sujeito deve encontrar as fichas azuis e utilizá-las para encher uma coluna vazia à direita na tela do computador. O sujeito decide a ordem em que as caixas são visitadas. É considerado erro voltar a uma caixa na qual já se tenha encontrado a ficha azul.
A14.8	<i>Visual Matrix Task</i>	Aos examinandos, é apresentada uma série de pontos de uma matriz com um intervalo de 5 segundos. A matriz é removida e pergunta-se aos experimentandos: “Existem pontos na primeira coluna?” Depois de responder à questão discriminatória, os examinandos são convidados a desenhar os pontos recordados da matriz nas caixas correspondentes.
A14.9	<i>Groton Maze Learning Test</i>	A tarefa consiste em 100 quadrados (matriz 10x10) apresentados em uma tela de computador sensível ao toque. Para completar a tarefa, o experimentando tem que seguir um caminho oculto (28 movimentos) através dos quadrados a partir do canto superior esquerdo para um sinal no canto inferior direito. Barras com mensagem na parte superior e inferior da tela informam ao experimentando se o movimento está correto. Se o movimento estiver correto, a mensagem escrita “Go On” (continue) e um som são apresentados. Se o movimento estiver incorreto, ele é registrado como um “erro” e o experimentando é instruído a voltar para a última posição correta e tentar mover em uma direção diferente.
A14.10	<i>Memória Sequencial Não-verbal com Apoio Visual</i>	É realizado como um jogo que produz diferentes sons em sequência ao mesmo tempo em que as luzes dos correspondentes se acendem. A sequência inicia-se com um estímulo e, a cada acerto, um novo estímulo é acrescentado à sequência anterior.
A14.12	<i>Verbal-to-Spatial Mapping Task</i>	Aos experimentandos, são mostrados os locais de alguns rótulos verbais e, em seguida, após um pequeno intervalo, deve-se colocar um desses rótulos verbais no local correto. Os rótulos foram dois conjuntos de palavras comuns e fonologicamente distintas. Um era o conjunto de nomes de meninas: Ann, Beth, Graça, Dawn, Ruth, Eva, Liz, Marge, e Joy, e o outro conjunto consistia em nomes de meninos: Bob, Dan, Joe, Mike, Ken, Chuck, Will, Steve, e Ray.
A14.13	<i>Imitation Sorting Task</i>	O objetivo da tarefa é que as crianças reproduzam corretamente a sequência demonstrada por meio da colocação do brinquedo correto na lata correta. No início de cada ensaio, o examinador coloca brinquedos na frente da criança. Em seguida, nomeia cada brinquedo, atraindo a atenção da criança antes de colocá-lo em uma lata. O procedimento é repetido para os outros brinquedos. Os brinquedos são então removidos das latas e colocados em frente à criança. O examinador, em seguida, pede à criança para colocar os objetos nas mesmas latas.
A14.14	<i>Digit Span</i>	Os estímulos utilizados são dígitos numéricos aleatórios que são verbalizados com 1 segundo de intervalo entre os dígitos. Para cada item de Dígitos na Ordem Direta, a criança repete os números na mesma ordem em que foram falados. Para cada item de Dígitos na Ordem Inversa, a criança repete os números na ordem inversa.
A14.15	<i>Word Span</i>	Os estímulos da tarefa são palavras em duas categorias semânticas - animais e objetos - e foram selecionados a fim de corresponder aos estímulos em número de sílabas (1-5) e comprimentos de palavra (número de letras). As listas são verbalizadas de acordo com o nível de complexidade crescente, de dois a nove itens. A lista deve ser repetida pelo sujeito que está sendo submetido ao teste.
A14.16	<i>Listening Sentence Span</i>	Esta tarefa exige a apresentação de grupos de frases, lidas em voz alta, para que as crianças ao mesmo tempo entendam o conteúdo da sentença

		e lembrem-se da última palavra de cada frase. O número de frases no grupo gradualmente aumenta de 2 a 6. Depois que cada grupo(s) de frase(s) foi apresentado, o experimentando responde a uma pergunta sobre a(s) frase(s) e, então, é convidado a recordar a última palavra de cada frase(s).
A14.17	<i>Sentence/Digit Span</i>	Esta tarefa avalia a capacidade da criança de lembrar sequências numéricas embutidas em uma frase curta. Por exemplo: “Suponha que alguém queira levá-lo ao supermercado às 8 6 5 1 na Elstreet”. Os números são apresentados em intervalos de 2 segundos, seguido por uma questão de processo, ou seja, “Qual era o nome da rua?”.
A14.18	Testes de Memória Sequencial Auditiva de Palavras e Pseudopalavras	O teste contém 60 estímulos cada um. Todos os estímulos são dissílabos paroxítonos com estrutura Consoante-Vogal-Consoante-Vogal. [...] É solicitado que o testando ouça a sequência de estímulos de um bloco e, ao final, repeti-los na ordem correta.
A14.19	<i>N-back</i> auditiva	Nesta tarefa, os participantes escutam uma sequência de números apresentados um por segundo. Enquanto escutam cada número, têm de dizer o que ocorreu <i>n</i> posições atrás na série, por recuperação livre e sem pistas.
A14.20	Listas de Palavras	São apresentadas aos examinandos duas séries de palavras e solicitado que repitam cada sequência após a apresentação.
A14.21	Tarefa de <i>Brown-Peterson</i>	São compostas por 20 itens, sendo que cada item é um conjunto de três consoantes diferentes com baixa similaridade fonológica. Ao participante, é solicitado escutar atentamente três letras diferentes e repeti-las imediatamente após a apresentação. São apresentadas cinco tríades de letras.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Além dos testes psicológicos que foram apontados no quadro anterior como possibilidade de adaptação de recursos para exercitar a memória de trabalho dos estudantes, outros três estudos apontaram algumas estratégias, quais sejam **A18**, **A21** e **A27**. De acordo com **A18.10**, “[...] para evitar a deterioração cognitiva em idosos, recomenda-se atividade mental contínua, com oficinas de memória, palavras cruzadas, caça-palavras, além de alimentação balanceada e manutenção de participação social ativa” (Camberos, 2020, p. 132). O mesmo estudo ainda aponta **A18.14** que “[...] exercícios práticos repetitivos, aprimoram algumas construções de funções executivas, incluindo memória de trabalho” (Camberos, 2020, p. 134).

De acordo com **A21.11**, “[...] A análise de grupo mostrou associação entre estimativa de frações e memória visual-espacial” (Pezzatti; Edelsztejn; Hermida, 2020, p. 6). Um dos modelos de memória mais utilizados foi proposto por Baddeley e Hitch (1974). De acordo com os autores, tal modelo é composto por quatro componentes, quais sejam: 1) **executivo central**: responsável pelo sistema atencional do indivíduo e capaz de integrar as informações dos demais componentes; 2) **esboço visuo-espacial**: gerenciamento temporário de informações imagéticas e espaciais; 3) **alça fonológica**: gerenciamento temporário de informações sonoras; e 4)

retentor episódico: gerenciamento de informações já armazenadas (Mourão Junior; Faria, 2015). Explorar frações com denominadores diferentes por meio de variadas representações parece ser um recurso didático que pode ser utilizado para exercitar o componente visuo-espacial da memória de trabalho.

O estudo **A27** (Martín-Lobo *et al.*, 2018) também apontou sugestões para exercitar a memória de trabalho. De acordo com **A27.17**, “[...] Alguns exemplos dessas estratégias são as **rimas** ou **acrósticos**, que são utilizados para aprendizagem superficial e facilitam o uso da memória de trabalho para planejar e transferir as informações para a memória de longo prazo” (Martín-Lobo *et al.*, 2018, p. 7). Ainda de acordo com o mesmo estudo, em **A27.18** é afirmado que:

[...] as habilidades de organização permitem a codificação da informação através de processos de agrupamento, **mapas conceituais**, **sequências lógicas** e **diagramas**, que conferem maior significado e estrutura aos conteúdos para que sejam mais acessíveis e gerenciáveis (Martín-Lobo *et al.*, 2018, p. 8, grifo próprio).

Recursos didáticos de quebra-cabeças também foram apontados como possibilidade em **A27.39**, bem como o Jogo dos Erros, em que o estudante deve encontrar as diferenças entre duas imagens bastante semelhantes, de acordo com **A27.40**

Alguns recursos didáticos que podem ser utilizados para explorar a **atenção** dos estudantes também emergiram do *corpus* da pesquisa. Lima (2005, p. 114) explica que “a atenção pode ser definida como a capacidade de o indivíduo responder, predominantemente, aos estímulos que lhe são significativos em detrimento de outros”. Ramos *et al.* (2019) classificam este atributo em quatro tipos: 1) **seletiva**; 2) **sustentada**; 3) **dividida**; e 4) **alternada**. A **atenção seletiva** é a que está relacionada à seleção de um foco entre diversos estímulos. Na subcategoria 1.1 desta análise, ela foi apontada como um **fator preditor da aprendizagem da Matemática** (Camberos *et al.*, 2020), parecendo, assim, ser primordial exercitá-la com os estudantes.

De acordo com o estudo **A40**, ainda que haja desafios para a incorporação de atividades que exercitem a atenção em sala de aula, tal atitude é possível e desejada. Conforme **A40.41**:

[...] Num contexto de sala de aula, pode haver grandes benefícios em incorporar atividades de treino da atenção no contexto escolar e, de fato, algumas intervenções baseadas na sala de aula incluem tais atividades, com evidências de melhorias na atenção seletiva das crianças (Stevens; Bavelier, 2012, p. 44).

No estudo A34, Silva e Fonseca (2018) analisaram tarefas contidas em livros didáticos, tendo por base a atenção como mecanismo cognitivos. Neste estudo, é apresentada uma matriz de classificação de tarefas, proposta por Dante (2005), conforme segue no Quadro 74 abaixo:

Quadro 74 – Matriz de classificação de tarefas.

TIPO DE TAREFA	CARACTERÍSTICAS	EXEMPLOS
Reconhecimento (TR)	Faz com que o aluno reconheça, identifique ou lembre um conceito, definição ou fato específico.	Qual o sucessor de 109?
Algoritmo (TA)	Pode ser resolvido passo-a-passo. Pedem a execução direta de algoritmo.	Cálculo de expressões numéricas
Padrão (Simples e Compostos) (TPS – TPC)	Aplicação direta de um ou mais algoritmos anteriormente aprendidos e não exigem qualquer estratégia. Transforma basicamente linguagem usual em matemática, para vincular essas situações para o dia a dia.	Simples: Numa classe há 17 meninos e 22 meninas. Quantos alunos há na classe? Compostos: Luiz tem 7 anos a mais que o triplo da idade de Felipe. Os dois juntos têm 55 anos. Qual a idade de cada um?
Processos ou Heurísticos (TH)	A solução não está contida no enunciado. Não podem ser traduzidos diretamente para a linguagem matemática e exigem do aluno tempo para arquitetar estratégias para solucioná-la.	Numa reunião de equipe há seis alunos. Se cada um trocar de aperto de mão com todos os outros, quantos apertos de mão terão ao todo?
De Aplicação (TAP)	Retratam situações reais do cotidiano, que podem ser resolvidas matematicamente. Além de exigirem estratégias, requerem levantamento de dados e pesquisas.	Para fazer um relatório, um diretor de escola precisa saber qual o gasto mensal que ele tem, por aluno, que ele tem com a merenda escolar. Vamos ajudá-lo a fazer esses cálculos?
De Quebra-Cabeça (TQC)	Constituem a chamada Matemática recreativa, onde a solução depende muito de um “golpe de sorte” ou da facilidade em perceber algum “truque”.	Numerox (palavras cruzadas que envolvem números).

Fonte: Dante (2005).

A partir desse estudo, Silva e Fonseca (2018) estabelecem Níveis de Transformação da Atenção. À medida que o estudante **treina determinado tipo de tarefa, a atenção passa de sustentada (AS) à dividida (AD)**, visto que tais atividades se tornam mais automatizadas. **Essa passagem se torna desejável uma vez que a atenção dividida exige menor carga cognitiva do que a atenção sustentada.** Os mesmos autores classificam os níveis de transformação de atenção em três categorias, considerando como critério a velocidade dessa transição. As unidades A34.4, A34.5 e A34.6 evidenciam tais categorias e os tipos de tarefas que podem ser oferecidas ao estudante para promover tal transformação. Sugere-se, portanto, **utilizar**

diferentes tipos de tarefa como recurso didático para promover a transformação dos níveis da atenção dos participantes de uma aula. De acordo com **A34.7**:

[...] no desenvolvimento das competências e habilidades que o aluno deve desenvolver, não apenas responder questões TR e TA, que são mecânicas e fáceis de serem automatizadas (passar de AS para AD) (Silva; Fonseca, 2018, p. 172).

Segue abaixo o Quadro 75 com os níveis de atenção e suas respectivas tarefas de acordo com Silva e Fonseca (2018):

Quadro 75 – Níveis de Transformação da Atenção e respectivas tarefas.

UNIDADE DE SENTIDO	NÍVEL DE TRANSFORMAÇÃO DA ATENÇÃO	TAREFAS QUE PODEM SER OFERECIDAS AOS ESTUDANTES PARA PROMOVER A TRANSFORMAÇÃO
A34.4	NTA1: A passagem de AS para AD é rápida, pois são apenas aplicações diretas dos conceitos.	TR, TA, TPS-TPC
A34.5	NTA2: A passagem de AS para AD é mais lenta do que o nível anterior, pois não envolve diretamente a operação em seu enunciado, exigindo uma estratégia e pesquisas.	TH e TAP
A34.6	NTA3: A passagem de AS para AD é muito lenta, pois essas tarefas exigem criatividade e expertise fora dos conteúdos.	TQC

Fonte: Adaptado de Silva e Fonseca (2018).

As **funções executivas básicas** (Dias; Seabra, 2013) também foram apontadas como possíveis preditoras da aprendizagem de Matemática, conforme apontado na seção 1.1 desta análise. Na perspectiva de Malloy-Diniz e Dias (2020), as funções executivas são:

[...] um conjunto de processos mentais que, de forma integrada, permitem que o indivíduo direcione comportamentos a metas, avalie a eficiência e a adequação desses comportamentos, abandone estratégias ineficazes em prol de outras mais eficientes e, assim, resolva problemas imediatos, de médio e longo prazo (Malloy-Diniz; Dias, 2020, p. 31).

Dentre as funções executivas básicas, está o controle inibitório. Como o próprio nome sugere, tal controle está relacionado à inibição de comportamentos impulsivos ou inadequados (Dias; Seabra, 2013) como, por exemplo, comparar incorretamente as frações $\frac{1}{2}$ e $\frac{1}{3}$, considerando $\frac{1}{2} < \frac{1}{3}$ em função de observar somente os denominadores. A análise do *corpus* desta pesquisa permitiu observar algumas possibilidades de explorar este componente das funções executivas junto aos estudantes dos Anos Finais do Ensino Fundamental. De acordo com **A20.3**:

[...] Os resultados mostraram que as taxas de controle inibitório foram significativamente associadas aos resultados na comparação de frações, e que essa relação foi mediada pelo conhecimento matemático geral (Susperreguy; Peake; Gómez, 2020, p. 409).

A mesma ideia fica evidente em **A29.16**:

[...] As propriedades das frações e dos próprios números racionais também podem interferir no processamento. Por exemplo, ao comparar $\frac{1}{2}$ e $\frac{1}{3}$, os participantes podem ficar tentados a selecionar o último em cada comparação porque tem o denominador maior (Medrano; Prather, 2023, p. 285).

Nota-se que a comparação de frações se apresenta como uma possibilidade de exercitar, de forma indireta, tal componente das funções executivas básicas. Além das frações, a comparação de números decimais se mostra como possibilidade para a mesma finalidade, conforme evidenciado em **A29.17**:

[...] verificar se os alunos do 7º ano estão a inibir uma estratégia incorreta, nomeadamente uma estratégia “maior número de dígitos, maior a magnitude”, na comparação de decimais. Neste paradigma, uma tentativa consiste em um primo (incongruente ou neutro; por exemplo, 3,66 vs. 3,423 ou 3,6 vs. 3,4, respectivamente) e uma sonda (item congruente; por exemplo, 3,665 vs. 3,42) (Medrano; Prather, 2023, p. 287).

No exemplo citado, os alunos precisam inibir o comportamento “maior número de dígitos representa um número maior” como, por exemplo, $3,423 > 3,66$.

Tarefas que envolvem a audição e a visão, e que, consequentemente, exploram componentes da memória de trabalho (alça fonológica e componente visuo-espacial) (Mourão Junior; Faria, 2015), podem, simultaneamente, também exercitar o controle inibitório, conforme a unidade **A41.2** “[...] Um exercício típico pode pedir a um aluno para determinar se um número falado corresponde ou não ao número de símbolos exibidos simultaneamente na tela” (Schrage, 2011, p. 1066).

Tarefas que não envolvem conteúdos matemáticos também podem ser utilizadas para exercitar o controle inibitório, conforme apontado em **A40.12**:

[...] Outras tarefas nas quais uma resposta dominante concorrente deve ser inibida também são realizadas para medir a capacidade de filtragem e o gerenciamento do conflito de respostas, incluindo tarefas clássicas de Stroop (por exemplo, o nome da cor Stroop, em que os participantes nomeiam a cor da tinta usada para soletrar a cor palavras, como responder “azul” à palavra VERMELHA impressa em tinta azul) (Stevens; Bavelier, 2012, p. 32).

A unidade **A29.23** apresenta a mesma sugestão de atividade (Medrano; Prather, 2023).

O estudo **A46** enfatiza que a inclusão de tarefas desse tipo no currículo pode ter efeitos generalizáveis e de longo prazo para a aprendizagem de Matemática. Desse modo, **sugere-se incluir no planejamento docente tarefas que envolvam o controle inibitório dos estudantes, ainda que elas não envolvam um conteúdo matemático de maneira direta.** Conforme **A46.18**, “[...] Os resultados mostram efeitos a longo prazo e benefícios mais generalizáveis quando a formação está incorporada no currículo do que quando não está” (Mareschal, 2016, p. 116).

Ainda que não se configurem como recursos didáticos propriamente ditos, **meditação e jogos de ação** foram apontados como possibilidades para exercitar a atenção, em particular as do tipo seletiva e sustentada (Ramos *et al.*, 2019). Conforme **A40.34**, “[...] Duas linhas de pesquisa demonstram a capacidade de melhorar a atenção seletiva, a primeira diz respeito aos jogos de ação e, a segunda, ao treinamento mente-corpo” (Stevens; Bavelier, 2012, p. 41).

Não obstante, aparentemente, jogos de ação e meditação não tenham relação direta com a aprendizagem de Matemática, eles parecem apoiar recursos cognitivos (atenção) fundamentais para o alcance do sucesso neste componente. De acordo com **A40.35**:

[...] Foi proposto que a meditação melhora a atenção de uma maneira relacionada à prática, com o ato de meditação envolvendo sistemas neurais que apoiam a atenção seletiva. Em apoio a esta hipótese, vários estudos de neuroimagem documentam o envolvimento das regiões fronto parietais associadas ao desenvolvimento da atenção seletiva durante a meditação (Stevens; Bavelier, 2012, p. 41).

Sugere-se, portanto, que atividades que envolvam meditação e jogos desse tipo podem apoiar a atenção e, conseqüentemente, a aprendizagem de Matemática.

Em particular, a utilização de recurso como os jogos de ação pode promover incremento na atenção, ao mesmo tempo em que parecem aumentar a possibilidade de o indivíduo descartar os distratores, focando-se de maneira mais contundente na tarefa alvo; no caso particular deste estudo, em tarefas matemáticas. De acordo com **A40.37**, “[...] Em suma, eles [os jogadores de jogos de ação] se destacam na tarefa alvo, ao mesmo tempo em que exibem maior transbordamento de recursos não utilizados para distratores” (Stevens; Bavelier, 2012, p. 43).

Analisando o *corpus* desta pesquisa, outro recurso que parece promissor para a aprendizagem de Matemática são os **materiais manipulativos**. Esses recursos manipuláveis, em especial aqueles que inserem o estudante em um **contexto de aprendizagem corporificada**, prometem eficácia no estudo, conforme evidenciado em **A30.9**:

“[...] Ao aprender as propriedades da força centrípeta, os alunos que aprenderam em uma situação de “alta incorporação”, onde balançavam um objeto acima da cabeça, tiveram melhor conhecimento generativo em um teste de acompanhamento uma semana após o estudo do que os alunos em uma situação de “baixa incorporação”, situação em que eles simplesmente clicaram no mouse para girar o objeto” (Sullivan, 2018, p. 131).

Ainda que os materiais manipulativos tenham sido apontados como uma possibilidade para a aprendizagem de Matemática, tem-se evidências de que a contagem nos dedos, configurando-se como uma estratégia de cognição incorporada, pode ser benéfica. De acordo com **A20.11**:

[...] Com relação aos cálculos, Gálvez *et al.* (2011) descreveram as estratégias de cálculo mental empregadas pelos alunos da 2ª e 3ª séries de escolas de nível médio e médio-baixo. Os resultados mostraram que os alunos dessa idade tendiam a calcular usando os dedos para contar um de cada vez, em vez de usar materiais específicos ou estratégias mentais (Susperreguy; Peake; Gómez, 2020, p. 411).

Conforme será explicitado na subcategoria 2.3 desta análise, estratégias incorporadas são aquelas que recrutam o corpo, valorizam os movimentos (tanto do aluno como do professor) e enxergam mente e corpo como entes inseparáveis. Nesse sentido, recursos e estratégias pedagógicas que **provocam interatividade** parecem potencializar a aprendizagem de Matemática, conforme evidenciado em **A30.12**: “[...] descobriram que as atividades interativas do curso tiveram um impacto maior nos resultados dos alunos do que fazer leituras do curso ou assistir a vídeos” (Sullivan 2018, p. 132).

Neste mesmo viés, estão os materiais manipuláveis, como indicado em **A12.2**: “[...] incluem o uso de materiais manipuláveis, recursos como a calculadora, auxílio na leitura dos problemas ou montagem das contas, reforço na explicação dos sinais aritméticos” (Guedes; Blanco; Neto, 2016, p. 6). Fagundes (1977) evidencia o papel fundamental dos materiais manipuláveis, especialmente para promover a transição entre a aritmética e a álgebra, que possui maior grau de abstração. Ainda de acordo com **A27.36**, “[...] Os professores facilitariam a transição da manipulação de objetos concretos para o desenvolvimento de conceitos abstratos, melhorando assim a compreensão e, portanto, o processo de codificação” (Martín-Lobo *et al.*, 2018, p. 19).

O estudo **A20** trouxe uma pesquisa em que comparou, justamente, o desempenho de dois grupos ao resolver equações de primeiro grau, com e sem o uso do material do tipo “balança”, sugerindo que os estudantes que receberam a aula com o uso do material concreto obtiveram melhor resultado. Conforme **A20.17**:

[...] Para este estudo, os alunos foram aleatoriamente designados para um grupo de controle e um grupo experimental. Ambos os grupos assistiram a um vídeo de 15 minutos onde foram resolvidas equações algébricas, seja por meio de estratégias simbólicas tradicionais (grupo controle) ou por meio de analogias visuais de escalas (grupo experimental), onde duas placas foram usadas para representar os dois lados de uma equação, uma caixa para as variáveis da equação e doces para os números. Os alunos tiveram que adivinhar a quantidade de doces em uma caixa. O grupo experimental apresentou melhores resultados no pós-teste, na resolução de equações, num teste de generalização e na sua resposta afetiva (Susperreguy; Peake; Gómez, 2020, p. 412).

Recursos didáticos como *softwares* também foram apontados como potencializadores da aprendizagem de Matemática em três estudos distintos (**A27**, **A33** e **A36**). Percebe-se que não há necessidade de que sejam *softwares* educativos específicos para a aprendizagem. De acordo com **A27.41**, “[...] Programas para desenvolver mapas mentais e conceituais, tanto individualmente quanto em grupo” (Martín-Lobo *et al.*, 2018, p. 22). Em **A33.1**, é exposto que “[...] Pode-se afirmar que o ensino assistido por computador utilizado neste estudo desenvolveu as habilidades aritméticas dos alunos e aumentou sua velocidade” (Mutlu; Akgun, 2019, p. 237). **A33.8** “[...] É possível explicar e estimular a maioria desses conceitos com tecnologias computacionais” (Mutlu; Akgun, 2019, p. 239).

Embora muitos estudos utilizem as tecnologias computacionais para melhorar habilidades matemáticas de crianças com alguma dificuldade ou transtorno de aprendizagem, evidencia-se que tais recursos podem ser utilizados com estudantes cujo desenvolvimento é típico, conforme evidenciado no estudo **A36**. De acordo com **A36.9**, “[...] Por exemplo, foi demonstrado que jogos de computador baseados em Neurociência melhoram a capacidade de comparação de números em crianças com baixas habilidades matemáticas” (Susac; Braeutigam, 2014, p. 2). Em **A36.12**: “[...] Além disso, a Corrida dos Números e intervenções semelhantes assistidas por computador podem promover a aprendizagem e o desempenho em Matemática também em crianças com desenvolvimento típico” (Susac; Braeutigam, 2014, p. 2).

Ainda que se tenha evidenciado benefícios no uso de recursos computacionais como potencializadores para a aprendizagem de Matemática, cabe salientar que esses devem ser utilizados com parcimônia e em torno de um objetivo de aprendizagem bem delineado, conforme explicitado em **A45.20**:

[...] Em vez disso, estes dispositivos podem, na verdade, ter impactos negativos na sala de aula, onde podem inibir a neuroplasticidade, levar a comportamentos de dependência, distrair os colegas e levar a um desempenho inferior nos exames (Feiler; Stabio, 2018, p. 23).

O **jogo** também foi um recurso didático que emergiu durante a análise do *corpus* desta pesquisa. De acordo com Huizinga (2000), os jogos, de maneira geral, apresentam uma gama de características: voluntariedade (o jogo não pode ser imposto ao jogador. Esta atividade deve ser realizada porque o jogador quer participar); delimitação de um espaço-tempo (de certa forma, mesmo que de forma não intencional, ficam explícitos os espaços físico e temporal em que o jogo acontece); não seriedade (as regras da vida cotidiana ficam suspensas no decorrer do jogo); intensidade (podem contribuir para a aprendizagem de maneira aprofundada); fascinação (podem favorecer o encantamento do usuário); ludicidade (podem promover práticas criativas); excitação (podem estar ligados ao prazer); provocam divertimento, possuem regras e um fim em si mesmos.

Por sua vez, Fardo (2013, p. 41) explica que uma característica essencial do jogo – e que o diferencia da brincadeira – é que ele possui uma saída quantificável, ou seja “[...] o jogo possui um resultado, uma pontuação, um indicador mensurável que mostre o desempenho do jogador em um determinado momento”. Cruz, Lima e Nascimento (2020) enfatizam possíveis benefícios na utilização de jogos, tais como: podem provocar prazer e engajamento nos usuários, auxiliar no desenvolvimento de habilidades cognitivas, motoras e emocionais, dentre outras. Entretanto, chamam a atenção para o fato de que o jogo não deve ser visto como “uma roupagem para assuntos entediantes” (*ibidem*, p. 121), da mesma forma que Fortuna (2004) critica a ideia de “didatizar” intencionalmente os jogos, pois, desse modo, o recurso perderia a sua essência.

De acordo com **A12.3**, “[...] jogos favorecem o desenvolvimento psicológico infantil, envolvendo ações importantes para a aprendizagem dos conhecimentos científicos, incluindo os conhecimentos matemáticos” (Guedes; Blanco; Neto, 2016). Ainda, de acordo com **A38.10**, “[...] a prática de certos jogos pode reverter déficits de aprendizado característicos da dislexia, e até mesmo acarretar a transferência de habilidades entre domínios cognitivos distintos” (Ribeiro, 2013, p. 6). Pelo exposto, supõe-se inúmeros benefícios que esse recurso pode trazer, além de atuar em diferentes domínios cognitivos, como o matemático, ainda que o jogo não trate, especificamente, desse componente curricular.

Além disso, parece que o uso de jogos pode afetar atributos estruturantes da aprendizagem, como a **motivação**. Na subcategoria 1.3 deste estudo, a motivação, tanto extrínseca como intrínseca, já foi evidenciada como fator potencializador da aprendizagem de Matemática (Gazzaniga; Heatherton, 2005; Borucovitch, 2009). De acordo com a unidade **A44.5**, o uso de jogos pode proporcionar motivação “[...] com os alunos que gostam de

problemas novos e que jogam e gostam de jogos matemáticos e quebra-cabeças sendo mais motivados intrinsecamente” (Aldous, 2006, p. 417).

A **lista de exercícios** é uma possibilidade de recurso didático que pode ser utilizada para a aprendizagem de Matemática. A resolução de exercícios parece ter diferentes finalidades, dentre elas, pode-se destacar: 1) sistematização de conteúdos; 2) repetição de algoritmos, indispensáveis para a consolidação de uma memória de longo prazo (Mourão Junior; Faria, 2015). De acordo com **A10.4**, “[...] Das inúmeras atividades que colaboram para desenvolver o cérebro humano, é importante atentar para a utilização de cálculos matemáticos” (Nascimento; Silva, 2020, p. 5). Compreende-se que, em uma vertente Construtivista, concepção epistemológica defendida nesta tese, é fundamental a utilização de recursos didáticos que considerem a interação do sujeito com o objeto do conhecimento (Solé; Coll, 1996; Becker, 2001) e que outros recursos, além da lista de exercícios, devem fazer parte do repertório do professor de Matemática ao planejar suas ações pedagógicas. De acordo com **A36.8**:

[...] O desenvolvimento de habilidades em paralelo pode ir além dos números e do espaço, pois há evidências emergentes de que o reconhecimento de padrões, que é importante no raciocínio algébrico, está intimamente relacionado à atenção visual e às regiões visuais do cérebro (Susac; Braeutigam, 2014, p. 2).

Entretanto, o *corpus* desta pesquisa permitiu a emergência de achados neurocientíficos que permitem ao docente elaborar a lista de exercícios de maneira mais fundamentada, de modo que as atividades propostas contenham determinadas características que podem potencializar a aprendizagem. Conforme **A10.2**, “[...] As práticas utilizadas na busca de restaurar a saúde mental ou abrir novas portas de tratamento, a realização de cálculos, que é um exercício que promove o desenvolvimento do cérebro, surge como opção” (Nascimento; Silva, 2020, p. 3).

No estudo **A21**, foram evidenciados alguns achados neurocientíficos que podem ser considerados no momento da elaboração de listas de exercícios, conforme explicitado nas três unidades de sentido a seguir relacionadas. Em **A21.5**: “[...] efeito ‘empate’, que afirma que problemas aritméticos simples com operandos repetidos (como $4 + 4$, 6×6) são resolvidos com mais rapidez e precisão do que outros” (Pezzatti; Edelsztein; Hermida, 2020, p. 5); em **A21.6**: “[...] o efeito ‘tamanho’, que afirma que pequenos problemas de multiplicação (2×3) são mais fáceis do que problemas maiores (7×8)” (Pezzatti; Edelsztein; Hermida, 2020, p. 5); e, por fim, na unidade **A21.7**: “[...] e o efeito ‘ordem’ para problemas de adição, influenciado pela estrutura ‘contagem a partir do maior número’ (ou seja, $7 + 4$ é mais fácil de resolver do que $4 + 7$)” (Pezzatti; Edelsztein; Hermida, 2020, p. 5). Assim, ao elaborar uma lista de exercícios, o

professor pode considerar os efeitos empate, efeito tamanho e efeito ordem, de modo a oferecer dificuldade crescente nas atividades oferecidas.

O estudo **A33** trouxe alguns resultados de pesquisa que também podem ser incorporados na elaboração de listas de exercícios na medida em que estes achados podem exercitar a memória de trabalho, preditora da aprendizagem de Matemática, conforme já evidenciado na subcategoria 1.1 desta análise. De acordo com **A33.5**:

[...] Por exemplo, embora um aluno seja capaz de resolver a operação “ $4+3=7$ ”, ele não consegue recuperar a resposta quando a pergunta é “ $3+4$ ” ou quando um aluno é solicitado a comparar os números “34 e 43, o aluno poderia dizer que ambos os números são iguais (Mutlu; Akgun, 2019, p. 239).

Assim, incluir a **comutatividade na soma** e a **comparação de números naturais** com as características apontadas pode auxiliar o fortalecimento da memória de trabalho.

De acordo com a unidade **A40.32**:

[...] Curiosamente, dados recentes sugerem que os défices de memória de trabalho entre indivíduos com dificuldades em matemática estão relacionados com dificuldades em ignorar informações irrelevantes ou que já não são relevantes durante tarefas de memória. Isto é visto em um grande número de erros de intrusão de conteúdo apresentado anteriormente, mas atualmente irrelevante para a tarefa durante tarefas de memória de trabalho (Stevens; Bavelier, 2012, p. 40).

Considerando tal achado neurocientífico, sugere-se que uma possibilidade seja propor aos estudantes problemas em que eles precisam somente apontar os dados necessários para a resolução de um problema, descartando os demais. Esse recurso pode ser utilizado para exercitar o controle inibitório dos estudantes. Conforme explicitado em **A46.8**, “[...] um desafio fundamental é superar a interferência e inibir informações irrelevantes enquanto ativa as informações relevantes” (Mareschal, 2016, p. 115).

As ideias desta subcategoria foram sintetizadas no Quadro 76 a seguir:

Quadro 76 – Síntese da subcategoria 2.1.

SÍNTESE DA SUBCATEGORIA 2.1	
RECURSOS DIDÁTICOS BASEADOS NA NEUROCIÊNCIA QUE PODEM CONTRIBUIR PARA A APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA	
	• A escolha, concepção e elaboração de materiais didáticos parece ser ponto crucial do planejamento em Educação Matemática;
	• Sugere-se que a escolha de materiais didáticos seja intencional e balizada pelos objetivos propostos pelo professor;

- Uma **equipe multiprofissional** pode contribuir para a concepção e elaboração de materiais didáticos de diferentes categorias, baseando-se em características das funções executivas básicas, como a memória de trabalho;
- Sugere-se que o **modo de estruturar uma atividade** possa ser observado. Oferecer recursos didáticos que tenham carga cognitiva adequada parece ser ponto fundamental para a idealização de materiais, na medida em que ela pode impactar na emoção e motivação dos estudantes;
- Fica evidenciado que oferecer **aparatos pedagógicos que exercitem diferentes sentidos** pode favorecer a plasticidade cerebral. Sugere-se o uso de **diagramas, mapas conceituais e sequências lógicas**. A visão parece ser um sentido bastante valorizado para a aprendizagem de Matemática;
- A **ludicidade** parece ser uma característica que deve ser considerada ao se pensar em recursos didáticos para determinada aula de Matemática;
- Mesmo em aulas de Matemática, atividades que envolvam **rimas e formação de palavras** podem **exercitar a consciência fonológica** dos estudantes, as quais foram apontadas como **preditora para a aprendizagem de Matemática**;
- Dezenove sugestões de adaptação de atividades que envolvem a **memória de trabalho foram elencadas**. Sugere-se incluir de forma transversal atividades neste viés, visto que a memória de trabalho é preditora da aprendizagem de Matemática e o seu treinamento pode vir a ser benéfico para os estudantes. **Palavras-cruzadas, caça palavras, rimas, acrósticos e jogo dos erros** também parecem favorecer a memória de trabalho;
- Atividades que envolvam **frações** parecem contribuir com o **componente visuoespacial da memória de trabalho** e com a função executiva básica do tipo controle inibitório, em especial se representadas de forma **numérica** ou **gráfica**;
- Ao elaborar uma **lista de exercício**, sugere-se considerar atividades de diferentes tipos (Quadro 75) de maneira a promover a **passagem da atenção de sustentada à dividida** em função da **diminuição da carga cognitiva** para tarefas automatizadas;
- Atividades que envolvam **comparação de números decimais** também parecem favorecer o exercício do controle inibitório; tarefas que envolvem **audição** e **visão** podem ser utilizadas para exercitar, simultaneamente, memória de trabalho e controle inibitório;
- Tarefas que **não envolvem conteúdos matemáticos** também podem ser consideradas para exercitar o **controle inibitório**, como por exemplo, o *stroop* numérico;
- **Meditação e Jogos de Ação** foram apontados como recursos que podem ser utilizados para aumentar a **atenção** dos estudantes, fator apontado como preditor para a aprendizagem de Matemática;
- **Materiais manipulativos** podem ser recursos didáticos com alto grau de incorporação, subsidiando a interação do sujeito com o objeto, numa perspectiva construtivista; além disso, podem facilitar a transição entre a aritmética e a álgebra; um exemplo pode ser a utilização de “balança”;
- O *corpus* da pesquisa apontou que **softwares** podem favorecer a aprendizagem de Matemática. Neste viés, aplicativos para elaboração de **mapas conceituais** se configuram como uma sugestão. Aponta-se que a concepção e elaboração desses *softwares*, na medida do possível, podem estar subsidiados pela Neurociência; estudos presentes no *corpus* chamam atenção para a utilização deste recurso com parcimônia em função dos possíveis impactos negativos;
- Os **jogos** podem ser utilizados como recursos potencializadores da aprendizagem de Matemática. São algumas características dos jogos: voluntariedade, delimitação espaço-tempo, não seriedade, intensidade, fascinação, ludicidade, excitação, provocam divertimento, possui regras, com possibilidade de apontar um ganhador;

- São possíveis **benefícios da utilização de jogos**: motivar, provocar prazer e engajamento, desenvolvimento de habilidades cognitivas, motoras e emocionais, dentre outras, transferência de conhecimentos para outros domínios cognitivos; chama-se atenção, entretanto, para o fato de não “didatizar” os jogos para que não percam sua essência;
- Ainda que se sugira que não seja o único recurso a ser utilizado pelo professor, a **lista de exercício** também foi apontada como possibilidade. Ainda que, em uma perspectiva Construtivista, este não seja um recurso valorizado, ela parece ser importante para **sistematização e repetição** para que as informações se tornem de longo prazo; além disso, pode-se levar em consideração apontamentos neurocientíficos que podem potencializar tal recurso (efeito empate, tamanho e ordem, comutatividade e comparação de números naturais);

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

8.1.2.2 Subcategoria 2.2 – Estratégias didáticas baseadas na Neurociência que podem contribuir com a aprendizagem de Matemática

A subcategoria 2.2 intitulada *Estratégias didáticas baseadas na Neurociência que podem contribuir para a aprendizagem de Matemática* foi constituída a partir de 77 unidades de sentido, representando, aproximadamente, 9,1% do total de unidades selecionadas. Este grupo congrega unidades que sugerem **estratégias pedagógicas baseadas na Neurociência que podem contribuir com o processo de ensino e aprendizagem da Matemática**. Neste sentido, esta subcategoria apresenta maior **foco no ensino**, na medida em que as estratégias didáticas são ações organizadas pelo docente.

Um primeiro ponto que merece destaque é o fato de que o ensino de Matemática deve estar assentado em uma **diversidade metodológica**, conforme exposto em **A5.13**: “[...] a melhoria do ensino da matemática implica, necessariamente, a não sobrevalorização de uma linha metodológica única. Pelo contrário, terá de envolver um processo de diversificação metodológica” (Oliveira; Negreiros; Neves, 2015, p. 1036). Essa necessidade talvez possa ser explicada em função da **plasticidade cerebral**, na medida em que a variedade metodológica pode recrutar diferentes redes cerebrais. Considerando conhecimentos neurocientíficos, parece imprescindível exercitar a maior quantidade possível de redes neuronais.

Outra justificativa da necessidade da diversidade de estratégias é que, geralmente, os professores tendem a dar maior enfoque em exercitar as habilidades e competências que os alunos apresentam maior destreza, de forma individualizada. Ressalta-se, entretanto, que os docentes devem focar especialmente em **estratégias que exercitem as competências mais vulneráveis dos estudantes** para que eles tenham repertório cognitivo o mais diversificado possível. De acordo com **A5.6**:

[...] ao focar o ensino nas capacidades intelectuais mais fortes dos alunos e não em seus pontos fracos, os resultados podem ser o oposto do que se pretende, já que os estudantes precisam corrigir e superar as suas deficiências e não evitá-las. Para além disso, a vida fora da escola nem sempre é compatível com os nossos estilos de aprendizagem preferidos e um bom ensino é aquele que nos prepara para o mundo real (Oliveira; Negreiros; Neves, 2015, p. 132).

Fortalecendo esta ideia, há a unidade **A45.18**:

[...] Em relação ao neuromito dos estilos de aprendizagem (por exemplo, visual, auditivo, cinestésico), os autores afirmam que esta prática leva os alunos a negligenciarem outras modalidades de aprendizagem, uma vez que os alunos são ensinados com base no seu estilo de aprendizagem preferido (Feiler; Stabio, 2018, p. 22).

De acordo com a unidade **A24.9**, “[...] para a resolução de problemas matemáticos, os alunos conseguiram aproveitar mais as aulas e propor mais soluções quando tinham informações suficientes, aumentando o interesse e o desempenho” (Anzelin; Marín-Gutiérrez; Choconta, 2020, p. 53). Portanto, sugere-se **oferecer informações/orientações suficientes e completas** aos estudantes. Ao perceber a falta de orientações por parte dos docentes, os educandos podem se sentir desmotivados. Lourenço e Paiva (2010) explicam que existe uma relação recíproca entre motivação e aprendizagem: ao se sentir motivado, o estudante é levado a aprender, ao passo que, quando aprende, motiva-se cada vez mais.

Sugere-se utilizar **diferentes maneiras de oferecer orientações aos participantes de uma aula**. Na medida do possível, as mesmas orientações podem ser ofertadas a partir de diferentes meios de comunicação. Estimular distintas vias sensoriais parece potencializar a aprendizagem. Para tanto, pode-se lançar mão de diferentes recursos, concomitantemente, tais como: mostrar orientações em uma apresentação digital, escrevê-las em um espaço reservado do quadro, explicá-las em voz alta, oferecê-las sistematizadas em um documento impresso, dentre outras. Tais estratégias se justificam em função do exposto em **A30.14**:

[...] Não é verdade que todos os cursos que usam *PowerPoint* sejam prejudiciais aos resultados dos alunos, mas há evidências de que quando apenas apresentações em *PowerPoint* são usadas sem trabalho no quadro, em comparação com uma abordagem integrada e centrada no ser humano, a aprendizagem dos alunos é prejudicada (Sullivan, 2018, p. 132).

Ainda com relação ao **modo de entrega de informações**, o estudo apresentado em **A37** (Dommett *et al.*, 2013) teve como objetivo compreender a influência de oferecer aos estudantes *workshops* sobre Neurociência na percepção de inteligência incremental destes alunos. Nesta investigação, um grupo recebeu informações por meio eletrônico, enquanto outro recebeu

instruções de um professor com habilidades avançadas em Neurociência. Um dos resultados apontados é que o grupo que **recebeu informações de modo presencial**, a partir de um professor, apresentou melhores resultados de acordo com **A37.16**:

[...] Finalmente, deve-se notar que o modo de entrega do material teve um efeito nas medidas de resultados dos alunos. Os *workshops* ministrados pelos ASTs foram considerados mais interessantes e mais agradáveis do que um método de entrega interativo e de conteúdo compatível com o computador (Dommett *et al.*, 2013, p. 137).

Isto pode sugerir que **oferecer as informações de forma presencial por meio da fala de um instrutor**, em detrimento de meios eletrônicos, pode potencializar a aprendizagem, conforme enfatizado em **A37.17**:

[...] Os alunos também tiveram pontuações mais altas em testes de compreensão quando foram ensinados por um Professor de Habilidades Avançadas, em vez de um computador, o que tem implicações nos modos de ensino em sala de aula (Dommett *et al.*, 2013, p. 137).

Outra estratégia pedagógica fundamentada na Neurociência que emergiu da pesquisa sugere que **o professor aponte aspectos-chave do conteúdo abordado**. Uma hipótese é de que essa ação tenha relação com características da memória, conforme apontamentos de Gazzaniga e Heatherton (2005). Para os autores, a **forma de agrupar informações** e o **sentido que elas possuem** podem auxiliar na memorização de informações. Ao enfatizar aspectos-chave, o professor pode estar contribuindo para a formação de redes de associação ou **esquemas**, que “[...] são estruturas cognitivas hipotéticas que nos ajudam a perceber, organizar, processar e usar informações” (Gazzaniga; Heatherton, 2005, p. 227). A utilização de aspectos-chave para evocar memórias está explícito em **A43.7**: “[...] com todos concordando que tentaram lembrar 'aspectos-chave' ou propriedades dos gráficos ou equações, como a inclinação ou interceptação” (Thomas *et al.*, 2010, p. 613).

O **estabelecimento de um objetivo claro e apresentar as informações organizadas** parecem ser estratégias do professor com o intuito de potencializar a aprendizagem de Matemática. Conforme exposto em **A27.11**:

[...] Existem estratégias atencionais exploratórias que muitas vezes são desencadeadas por conhecimentos prévios e que são ativadas quando temos um objetivo de aprendizagem claro e a informação disponível está bem organizada (Martín-Lobo *et al.*, 2018, p. 6-7).

Ainda de acordo com o mesmo estudo, em **A27.3** afirma-se: “[...] Eles descobriram que estratégias atencionais exploratórias eram usadas com mais frequência por alunos com alto desempenho” (Martín-Lobo *et al.*, 2018, p. 5). De acordo com De-Nardin e Sordi (2009), a relação atenção X aprendizagem é recíproca. Quanto mais um aluno presta atenção, maiores as chances de aprender; quanto mais ele aprende, mais atento poderá estar em sala de aula.

A partir da noção de cognição incorporada (Sullivan, 2018), em que a atividade cognitiva pode ser potencializada quando se faz o uso do corpo, outra estratégia didática que parece eficiente é **apontar o alvo e realizar gestos de diferentes tipos**. Conforme exposto em **A30.1**:

[...] O princípio de sinalização da aprendizagem multimídia, incluindo apontar ou destacar, afirma que a aprendizagem é melhor quando dicas audiovisuais direcionam a atenção dos alunos para as informações mais pertinentes (Sullivan, 2018, p. 129).

Farsani, Breda e Sebastiá (2020) apresentam uma classificação de gestos em diferentes tipos: **icônicos** (os gestos representam o conteúdo semântico da fala), **metafóricos** (idênticos aos gestos icônicos, mas com uma ideia abstrata ao invés de objeto ou evento concreto) e de **ritmo** (gestos se coordenam com o discurso e se caracterizam como movimentos curtos e rápidos).

De acordo com a unidade **A38.9**:

[...] o direcionamento da atenção do aluno para pontos específicos do material estudado favorece a retenção de memórias, gestos não verbais antecedem saltos cognitivos, e de que o aprendizado linguístico baseado em morfemas e grafemas é mais eficaz do que o ensino de palavras inteiras (Ribeiro, 2013, p. 10-11).

Nesta unidade, ficam novamente evidentes a estratégia de se atentar para aspectos-chave do conteúdo, conforme apontado nos estudos **A43** (Thomas *et al.*, 2010) e **A30** (Sullivan, 2018). No estudo empreendido por Sullivan (2018), ainda aparece uma nova estratégia: **dividir determinado conteúdo em partes menores**. Embora o estudo faça referência ao ensino na Área de Linguagem, parece plausível supor que tal estratégia possa ser eficiente, também, na aprendizagem de Matemática.

Manter uma **exposição dialogada** também parece ser uma boa estratégia docente, baseada na Neurociência e capaz de recrutar a atenção dos estudantes a partir da **realização de perguntas durante a aula**. Tal ideia está evidenciada em **A43.10**: “[...] Os professores podem ser capazes de facilitar isso, fazendo perguntas destinadas a focar explicitamente a atenção em

propriedades relevantes, ou garantindo que haja uma correspondência entre o seu próprio foco e a atenção dos alunos” (Thomas *et al.*, 2010, p. 617).

É desejável, também, que o professor utilize **estratégias que exercitem atributos que são considerados preditores, pré-requisitos e potencializadores da aprendizagem de Matemática**, conforme classificação apresentada na categoria 1 desta análise, e não somente aspectos relacionados à Matemática propriamente dita. Desse modo, **exercitar as funções executivas** (Dias; Seabra, 2013), em especial as básicas (memória operacional, controle inibitório e flexibilidade cognitiva), pode trazer benefícios à aprendizagem de Matemática. De acordo com **A17.12**:

[...] Das conclusões obtidas pode afirmar-se que as funções executivas poderão ser uma boa componente a ter em conta no currículo escolar e que devem ser reforçadas transversalmente em todas as disciplinas, dada a relação demonstrada com o rendimento académico (Miranda; Buils; Roqueta, 2020, p. 213).

Algumas sugestões para abordagem neste viés com os estudantes foram apresentadas na subcategoria 2.1 desta análise.

Em particular, considerando o componente curricular de Matemática, a **elaboração de listas de exercícios com graus crescentes de dificuldade** se configura como mais uma estratégia pedagógica, podendo levar em conta as categorias explicitadas em **A5.9**:

[...] desdobra-se em quatro elementos constitutivos, de acordo com a sua função e nível de complexidade – **competências elementares** (que implicam processos de simples memorização e execução); **competências intermédias** (que implicam processos com certo grau de complexidade, mas não exigem muita criatividade); **competências complexas** (que implicam uma capacidade significativa de lidar com situações novas); e **saberes de ordem geral** (que incluem os meta saberes, ou seja, saberes com influência nos próprios saberes) (Oliveira; Negreiros; Neves, 2015, p. 1033).

Além disso, ao elaborar exercícios ou atividades, o professor deve considerar o **nível adequado da carga cognitiva**. De acordo com **A36.11**, “[...] A atenção e a motivação das crianças são mantidas ajustando o nível de dificuldade da tarefa para que a taxa de sucesso fique em torno de 75%” (Susac; Braeutigam, 2014). Conforme já apontado nas subcategorias 1.3 e 1.4 desta análise, carga cognitiva inadequada pode ser um fator desmotivador, provocando emoções negativas e tendo impacto na aprendizagem (Fonseca, 2016, p. 2).

Dentre as diferentes vertentes metodológicas das quais o professor pode lançar mão, a **Resolução de Problemas** pode ser utilizada, especialmente para contemplar as competências complexas, conforme classificação apresentada em **A5.9**. De acordo com **A5.8**:

[...] os acadêmicos ocidentais consideram os seus homólogos asiáticos fora de moda por estarem muito colados aos conteúdos, não seguindo a tendência das últimas décadas de focalizar o ensino-aprendizagem mais no processo do que no conteúdo, nomeadamente por meio de atividades de investigação e de resolução de problemas (Oliveira; Negreiros; Neves, 2015, 1033).

Além da metodologia de Resolução de Problemas, a **Pesquisa em Sala de Aula** (Moraes; Galiuzzi; Ramos, 2012) também pode ser utilizadas para contemplar atividades de cunho investigativo, conforme explicitado em **A5.8**. De acordo com **A30.24**:

[...] Por exemplo, em Estatística e Métodos de Pesquisa em Psicologia, os instrutores devem oferecer oportunidades para os alunos interagirem com dados por meio de dados manipulativos ou investindo em tecnologias que capturem o movimento corporal, como tecnologias emergentes de realidade virtual, ao cobrir estatísticas descritivas, em vez de criar um PowerPoint com a matemática já feita passo a passo (Sullivan, 2018, p. 134).

Tal unidade oferece a possibilidade de “fazer Matemática” a partir de atividades de pesquisa e, a partir disso, estabelecer e sistematizar conceitos.

De acordo com Moraes, Galiuzzi e Ramos (2012), a **Pesquisa em Sala de Aula**, enquanto procedimento didático, é composta por três etapas: **(1) Questionamento**; **(2) Construção de argumentos**; e **(3) Comunicação**. Dentro de cada uma dessas etapas é necessário cumprir passos distintos.

A etapa do **questionamento** é constituída por três passos, quais sejam: 1.1) tomada de consciência do que já se sabe sobre a temática; 1.2) conhecimento de outras possibilidades; 1.3) confronto entre a tomada de consciência e as possibilidades existentes. A etapa da **construção de argumentos** é constituída por quatro passos, a saber: 2.1) levantamento de hipóteses; 2.2) ações para a busca de argumentos; 2.3) organização de argumentos e 2.4) submissão à crítica. Por fim, a etapa da **comunicação** possui dois passos, sendo estes: 3.1) expressão de novas compreensões; 3.2) divulgação de novos resultados.

Conforme já citado na subcategoria 1.3 desta análise, as **emoções positivas** são desejáveis como um possível potencializador da aprendizagem de Matemática, uma vez que elas despertam sentimentos agradáveis (Harris, 1996). De acordo **A24.8**, “[...] na aprendizagem da Matemática, os alunos que descobriram mais soluções para os problemas gostaram mais das aulas, e esse prazer poderia mediar os efeitos do interesse prévio em aprender” (Anzelin; Marín-Gutiérrez; Choconta, 2020, p. 53). Dias, Cruz e Fonseca (2008) explicam que uma emoção possui três componentes e, dentre eles, está a **tendência para a ação**, ou seja: em geral, os

indivíduos tendem a se afastar de eventos que despertam emoções negativas e, por outro lado, costumam se aproximar de eventos que geram emoções positivas.

De acordo com a unidade **A31.36, propor estratégias didáticas que possam promover emoções positivas**, pode atrair a atenção e reforçar a memorização por parte dos estudantes, além de motivá-los: “[...] Este é um método eficaz para atrair a atenção e a memorização dos alunos durante o processo de ensino e aprendizagem” (Amaran; Bakar, 2020, p. 5947). Por isso, uma estratégia pedagógica pode se configurar em **oferecer tarefas com diferentes níveis, de modo que os exercícios iniciais sejam realizados corretamente por todos**. Talvez, tal atitude possa provocar essa tendência à realização das atividades na medida em que desencadearam emoção positiva e podem trazer motivação ao estudante.

Com relação à **motivação**, há diferentes definições na literatura. Para Murray (1986, p. 20), ela é “um fator interno que dá início, dirige e integra o comportamento de uma pessoa”; na concepção de Pfromm (1987, p. 112), os fatores motivacionais “[...] ativam e despertam o organismo, dirigem-no para um alvo em particular e mantem o organismo em ação”; de acordo com Balancho e Coelho (1996, p. 17), ela é “[...] o que desperta, dirige e condiciona a conduta para o alcance de um objetivo”; e, para Gazzaniga e Heatherton (2005, p. 280), **motivação** “é a área da ciência psicológica que estuda os fatores que energizam, ou estimulam o comportamento”. Na visão dos diferentes teóricos, nota-se características em comum nas definições. Em todos os casos a motivação terá como finalidade **ativar e manter determinados comportamentos no indivíduo até que um objetivo seja atingido**.

Tendo em vista esse ponto em comum, parece adequado supor que a motivação é um atributo essencial para a aprendizagem, em particular, da Matemática. Na pesquisa apresentada em **A42**, tanto alunos como professores participantes da pesquisa consideram a motivação como algo indispensável para a aprendizagem de Matemática, pelo menos no contexto em que a pesquisa foi realizada. Conforme **42.23**, “[...] Cerca de metade disse que sentia que a motivação era essencial para a aprendizagem, mas a maioria deles tratou-a como complementar e não integrada com a aprendizagem e o desenvolvimento” (Hardré, 2011, p. 227). Desse modo, um possível procedimento docente pode ser **pensar estratégias que possam potencializar a motivação embasadas em teoria prévia** como, por exemplo, a lista de exercícios com diferentes níveis, conforme citado anteriormente.

Do mesmo modo que se deseja potencializar as emoções positivas, **almeja-se, também, a diminuição ou o controle de emoções negativas**, visto que elas despertam sentimentos desagradáveis (Harris, 1996) e podem incidir de forma negativa na aprendizagem (Fonseca, 2016). De acordo com **A2.5**:

[...] intervenções educativas que enfatizam o controle de fatores emocionais negativos tendem a ser mais eficazes para promover uma população matematicamente proficiente, quando comparadas com interferências que foquem meramente em treino adicional de Matemática (Moura-Silva; Neto; Gonçalves, 2020, p. 254).

Os dados desta pesquisa possibilitaram a emergência de algumas estratégias didáticas que podem auxiliar na diminuição ou controle das emoções negativas dos estudantes. De acordo com **A2.7**:

[...] os resultados sugerem, portanto, que as melhores práticas para melhorar a competência matemática de quem tem ansiedade matemática não é gerar mais cursos de Matemática. Ao invés disso, focar em práticas de sala de aula que ajudem os alunos a organizar recursos de controle cognitivo (Moura-Silva; Neto; Gonçalves, 2020, p. 255).

A partir desta unidade de sentido, sugere-se investimento por parte dos professores em **práticas que podem auxiliar o surgimento e o equilíbrio das emoções no decorrer das aulas, enfatizando as positivas e diminuindo as negativas**. Em escolas, é bastante comum que os professores foquem o trabalho pedagógico em treinamento de habilidades e competências matemáticas, contudo, sem considerar este fator prévio estruturante da aprendizagem.

Entretanto, conforme a unidade, **A25.7**, “[...] Na realidade, a forma de desenvolver correta e formalmente a inteligência emocional ainda não foi encontrada, sendo relegada a atividades esporádicas e transversais de acordo com os critérios de cada professor em questão” (Zafra; Rodríguez; Ruíz, 2019, p. 7). Portanto, sugere-se **explorar as emoções em sala de aula de forma transversal aos conteúdos matemáticos, com maior frequência**. Conforme **A25.8**:

[...] A estratégia transversal é, muito provavelmente, o método mais adequado para promover o autocontrole e a gestão das emoções próprias e dos outros, pois permite que a questão seja introduzida progressivamente, sem implicar mudanças importantes na estrutura nem na filosofia curricular (Zafra; Rodríguez; Ruíz, 2019, p. 7).

As **estratégias avaliativas adotadas**, bem como os **instrumentos avaliativos utilizados** pelo professor, podem ser balizadores do controle emocional dos estudantes. Conforme sugerido em **A35.7**:

[...] Em primeiro lugar, recomendam prestar mais atenção à forma como a exposição ao stress afeta a aprendizagem dos alunos e enfatizam o desenvolvimento de estratégias que se concentrem na redução dos níveis de stress (percebidos) – por

exemplo, através da utilização de medidas mais holísticas do desempenho dos alunos [...] (Jaeggi; Shah, 2018, p. 4).

Desse modo, **a utilização de um repertório variado de instrumentos avaliativos**, bem como a **concepção em uma avaliação formativa** (Hoffmann, 2005), que considerem o erro uma possibilidade de novos aprendizados ao invés de uma punição, parecem ser estratégias pedagógicas que podem trazer benefícios ao controle emocional dos estudantes. De acordo com **A2.10**, “Intervenções educativas que redimensionem positivamente o “erro” em tarefas matemáticas podem ter implicações positivas no processo de ensino aprendizagem” (Moura-Silva; Neto; Gonçalves, 2020, p. 257). A avaliação formativa será detalhada na subcategoria a seguir.

Parece que uma estratégia didática que tem como fundamento epistemológico o empirismo, centrada na figura do professor, em que o aluno é sujeito passivo das informações transmitidas, pode contribuir para o aparecimento de emoções negativas, conforme constatado na unidade **A31.17**: “[...] um método de ensino que não é interativo e uma abordagem unilateral levam a problemas emocionais negativos dos alunos” (Amaran; Bakar, 2020, p. 5944).

Deste modo, sugere-se que **estratégias didáticas assentadas no Construtivismo** (Solé; Coll, 1996; Becker, 2001; Chakur, 2015) podem suscitar emoções mais agradáveis e fortalecer a aprendizagem. Nesta perspectiva epistemológica, a aula pode ter caráter mais interativo e a abordagem pode ser dialógica entre todos os participantes da aula, em que o professor propõe situações de aprendizagem e atua como mediador do processo. Como exemplo, uma sugestão concebida a partir de uma vertente construtivista para explorar o conteúdo de porcentagem, utilizando a metodologia ativa denominada Aprendizagem Baseada em Equipes, foi apresentada por Costa e Lima (2019). De acordo com **A24.24**: “[...] expor um grupo de alunos a estratégias de ensino relevantes e inovadoras pode diminuir as emoções negativas e aumentar o interesse pelas aulas” (Anzelin; Marín-Gutiérrez; Choconta, 2020, p. 57).

Sugere-se ter atenção especial às **interações estabelecidas entre os pares em sala de aula e entre professores e estudantes**. O senso comum sugere que a criação de grupos de trabalho com alunos de características antagônicas pode ser favorável ao aprendizado, com a justificativa de que esse arranjo pode neutralizar o comportamento inadequado de alguns estudantes. Entretanto, conforme exposto em **A2.20**, “[...] hipotetiza-se que atividades que envolvam interação entre os ansiosos e seus homólogos não ansiosos, podem não surtir efeitos positivo” (Moura-Silva; Neto; Gonçalves, 2020, p. 262). De acordo com Solé (1996, p. 39), a aprendizagem em uma perspectiva construtivista, ocorre:

[...] durante as interações estabelecidas em aula, em torno das tarefas cotidianas entre alunos e entre os alunos e o professor; e durante essas interações é que se constrói a motivação intrínseca, que não é uma característica do aluno, mas da situação de ensino/aprendizagem e afeta a todos os seus protagonistas.

A unidade de sentido **A5.5** “[...] considera que a interação entre a experiência concreta e a conceitualização teórica faz da aprendizagem um processo cíclico, constituído por quatro etapas: experiência concreta; observação reflexiva; conceitualização abstrata e experiência ativa [...]” (Oliveira; Negreiros; Neves, 2015, p. 1030-1031). Nesse sentido, **estratégias didáticas que valorizam a experiência concreta** podem ser fundamentais, na medida em que antecedem a abstração requerida dos estudantes no decorrer da Educação Básica. Costa (2011) apresentou uma oficina com materiais concretos para explorar números positivos e negativos com crianças de sexto e sétimo ano do Ensino Fundamental, baseados na Teoria dos Campos Conceituais (Vergnaud, 1991) em que se defende que o mesmo conceito matemático deve ser explorado a partir de diferentes representações. Fagundes (1977) enfatiza a necessidade da experiência concreta, especialmente na faixa etária entre sete e catorze anos, em função de ser o período considerado das operações concretas.

No decorrer da fundamentação teórica desta tese, evidenciou-se três vertentes epistemológicas: 1) Apriorismo; 2) Empirismo e 3) Construtivismo (Becker, 2001). Ainda parece ser bastante comum nas salas de aula a presença forte do viés empirista. Defensores da corrente epistemológica denominada de **Empirismo** acreditam que é possível “transmitir” o conhecimento aos indivíduos. É a partir da explicação do professor – e somente dela – que o sujeito vai aprender. O professor é o detentor do conhecimento e só ele é capaz de ensinar e “colocar” o conhecimento dentro da cabeça do aluno. Nesta perspectiva, o professor é, hierarquicamente, superior ao aluno e não pode aprender com ele. O aluno, por sua vez, é tábula rasa, sem qualquer conhecimento prévio ao ensino ministrado pelo professor. Durante a aula, mantém uma postura passiva, de escuta, de cópia e de reprodução em uma prova. Em uma sala de aula contemplada por este viés epistemológico, não há espaço para dúvidas ou descobertas. O conhecimento é tido como acabado.

Por outro lado, professores atuantes a partir de uma **vertente construtivista** acreditam que a construção do conhecimento se dá a partir das **interações do sujeito com o objeto do conhecimento**, dentre elas, a interação a partir da experiência concreta. Nesse caso, o professor é visto como um **mediador** e não como um superior hierárquico, cuja função é **criar situações de aprendizagem** para que o estudante passe de um patamar menos complexo para um nível mais complexo de conhecimento (Maurí, 1996). Esta passagem é feita a partir de um

desequilíbrio, diante daquilo que o aluno ainda não sabe, e sucessivas acomodações para que o indivíduo possa atrelar novos conhecimento a sua estrutura cognitiva. Uma aula baseada em tal concepção é aberta para dúvidas, perguntas e pode requerer trabalhos cooperativos entre os pares.

Estratégias didáticas que valorizem a escrita parecem ser primordiais. De acordo com **A4.3:**

[...] O mesmo não acontece com o exercício de outras formas sensório-motoras, como, por exemplo, teclar ou desenhar. Assim, este estudo enfatizou a importância da experiência de escrita à mão para a percepção e categorização de letras no processo de alfabetização e que a digitação em teclados eletrônicos não a substitui (Flor, 2017, p. 127).

Tal estratégia pode se configurar como fundamental, considerando duas situações. Do ponto de vista neurocientífico, as ações de teclar, desenhar e escrever recrutam diferentes redes neurais e isso pode potencializar a plasticidade (Herculano-Houzel, 2002; Cosenza; Guerra, 2011; Alvarenga, 2019); do ponto de vista matemático, as atividades escritas, em particular as **metacognitivas**, aquelas em que os alunos são convidados a **explicarem de maneira escrita** um raciocínio, um algoritmo ou alguma estratégia de resolução adotada, são benéficas à aprendizagem de Matemática, ao mesmo tempo que são consideradas um dos tipos mais difíceis na medida em que o estudante além de “saber fazer”, precisa explicar “o que” e “como fez” (Powell; Bairral, 2014).

Além da escrita, **estratégias didáticas que envolvem outros sentidos** podem ser consideradas. De acordo com a unidade **A12.7:**

[...] as crianças que receberam a técnica auditivo-musical e depois a rítmica apresentaram melhores escores na memória operacional, tanto visuo-espacial quanto a verbal e numérica e o treino musical parece ter contribuído para cognição numérica, mesmo nas crianças com Discalculia (Guedes; Blanco; Neto, 2016, p. 15).

Sugere-se, a partir da unidade apresentada, que, ao utilizar o sentido da audição por meio de música ou rimas, atributos como a memória de trabalho (tanto o componente visuoespacial como o verbal), sejam exercitados (Mourão Junior; Faria, 2015). Ainda que não se trate de uma estratégia que trabalhe diretamente com a Matemática, ela propicia colocar em relevo diferentes componentes da memória de trabalho, atributos fundamentais à aprendizagem de Matemática, como já evidenciado nas subcategorias 1.1, 1.2 e 1.3 desta análise.

Métodos que envolvam outros sentidos se repercutirem na memória de maneira profunda, podem provocar aprendizagens duradouras, conforme explicitado em **A47.7:** “[...]”

Após tarefas de aprendizagem rápida de associação viso-motora e olfativa, respostas duradouras relacionadas à tarefa emergem rapidamente no córtex pré-frontal e no corpo estriado” (Piette; Touboul; Venance, 2020, p. 2). Sugere-se que experiências emocionalmente potentes, mesmo que rápidas, podem durar por um longo período.

Em se tratando de utilização de diferentes sentidos à aprendizagem, podem entrar em cena **estratégias que envolvam a cognição incorporada** (Sullivan, 2018). Este conceito refere-se ao fato do corpo e seus movimentos não poderem ser dissociados do cérebro. Tais movimentos se referem tanto aos corporais dos estudantes como àqueles efetuados pelos professores. Essa impossibilidade de separação mente-corpo fica enfatizada em **A30.21**: “[...] As palavras não são suficientes para estimular o desenvolvimento mental, pois os alunos dependem do movimento para se desenvolverem cognitivamente” (Sullivan, 2018, p. 133-134).

Existem tarefas e estratégias didáticas com diferentes níveis de incorporação. Conforme **A30.10**, “[...] Dessa forma, ler e observar alguém gesticular também são atividades incorporadas, ainda que em baixo nível” (Sullivan, 2018, p. 131). Logicamente, sugere-se **planejar estratégias pedagógicas em que o nível de incorporação seja o maior possível**. Assim, se os alunos realizam alguma experiência de laboratório (e não simplesmente observam o professor fazer) ou usam o corpo para desenvolver conceitos matemáticos, podem ter seu nível de cognição incorporada aumentado. Utilizar os braços e as pernas para formar ângulos e usar o corpo para realizar atividades ao ar livre que envolvam área e perímetro são alguns exemplos de estratégias que podem ser utilizadas para potencializar a aprendizagem de Matemática por meio da incorporação. Além disso, estratégias incorporadas podem ser originadas de movimentos realizados pelos professores. A unidade **A30.3** enfatiza a importância de estratégias que enaltecem os gestos realizados pelos docentes:

[...] Argumentamos que à medida que o movimento do instrutor e o uso de gestos representacionais aumentam em um ambiente de aprendizagem, a incorporação aumenta, talvez devido à atividade neural envolvida na imitação, e leva a melhores resultados dos alunos (Sullivan, 2018, p. 129).

Ainda de acordo com **A30.7** “[...] observadores, ressaltando diagramas de outra pessoa fisicamente presente, tinham melhor memória do que quando os itens eram apresentados automaticamente em uma tela” (Sullivan, 2018, p. 130). Maior recrutamento da atenção, fortalecimento do raciocínio, síntese e retenção de informações são alguns benefícios de aulas em que o professor faz uso de gestos (cognição incorporada), de acordo com as unidades **A30.6**, **A30.22** e **A30.33**.

A **repetição** é fator importante para a aprendizagem. Do ponto de vista biológico, ela **reforça conexões neurais já existentes** (Gazzaniga; Heatherton, 2005; Blakemore; Bunge, 2012), conforme será apontado na categoria 3, dedicada a fatores biológicos relacionados à aprendizagem. Essa ação é algo fundamental na medida em que promove a **consolidação de memórias**, ou seja, a passagem de informações da memória de curto prazo para a memória de longo prazo (Mourão Junior; Faria, 2015).

Gazzaniga e Heatherton (2005) evidenciam que há dois tipos de repetição: **manutenção** e **elaborativa**. Repetir o contato com o mesmo estímulo várias vezes configura a **repetição de manutenção**, enquanto provocar o contato com a mesma informação de maneiras distintas caracteriza a **repetição elaborativa**. Ressalta-se que ambas são fundamentais, na medida em que a primeira reforça conexões neurais já existentes, enquanto, a segunda possibilita a origem de novas redes neurais, visto que, o contato com a mesma informação ocorre de maneiras distintas por meio do uso de sentidos diversos, consequentemente, recrutando diferentes redes neurais.

Tendo isso em vista, parece importante elencar **estratégias de memorização** das quais o docente pode lançar mão. De acordo com a unidade **A27.12**, “[...] No que diz respeito às estratégias de repetição, essas podem envolver técnicas como a repetição em voz alta ou mental, que permite ao aluno armazenar a informação recebida através de diferentes fontes” (Martín-Lobo *et al.*, 2018, p. 7). Assim, sugere-se que utilizar estratégias em que a mesma informação é oferecida por meio de diferentes sentidos, por exemplo, **realizar a repetição de conceitos em voz alta**.

Estratégias denominadas **mnemônicas** também podem contribuir para a memorização de conceitos. Elas consistem em **fixar conceitos complexos por meio do uso de palavras mais simples** (Netto; Fonseca; Landeira-Fernandez, 2012). Essa é uma técnica que **utiliza a simplificação e a associação** para memorizarmos alguma coisa mais complicada (Gazzaniga; Heatherton, 2005). De acordo com **A27.15**, “[...] Esses processos de codificação requerem estratégias mnemônicas, de elaboração e organização para dar sentido à informação” (Martín-Lobo *et al.*, 2018, p. 7).

Utilizar **técnicas de associação ou de agrupamento de informações**, utilizando algum critério de semelhança entre elas pode impactar positivamente na retenção de memórias. Conforme explicitado em **A30.27**, “[...] sugeriram que associações familiares ou bem aprendidas de percepção de ação têm um impacto substancial em processos cognitivos, como a memória” (Sullivan, 2018, p. 135). Técnicas de associação e agrupamento podem ser utilizadas

na etapa de elaboração de memórias, fundamental para a consolidação dessas informações na memória de longo prazo (Cosenza; Guerra, 2011).

Há um processo para que uma **memória se torne de longa duração**, que, de acordo com Cosenza e Guerra (2011), é formado por três etapas. A primeira etapa, denominada de **repetição**, sugere que, para determinado conceito fazer parte de uma memória permanente é necessário que o indivíduo entre em contato com ele inúmeras vezes. A segunda etapa, chamada de **elaboração**, sugere que, é necessário que o sujeito associe o conceito que deseja memorizar a fatos que ele já conhece. A elaboração de um conceito pode ser realizada de forma simples ou complexa. Quanto mais conexões se fizer com aquilo que indivíduo já conhece, mais complexa é a elaboração e, conseqüentemente, a memória é ainda mais permanente. É nesta etapa que estratégias mnemônicas podem auxiliar. Por fim, o terceiro componente, denominado de **consolidação**, pode provocar mudanças no cérebro, inclusive com o aparecimento de novos canais nervosos, tornando a memória bastante forte, do ponto de vista do tempo de duração. Cabe salientar que este último componente demora a se estabelecer e requer inúmeras repetições e elaborações (Cosenza; Guerra, 2011). Tão importante quanto consolidar uma informação na memória de longa duração é conseguir evocá-la. De acordo com **A27.20**:

[...] As estratégias de recuperação facilitam a busca da informação na memória, condicionada pela organização do conhecimento na memória, pelas estratégias de codificação e pela geração de uma resposta (Martín-Lobo *et al.*, 2018, p. 8).

Assim, estratégias de associação ou agrupamento podem ser fundamentais tanto para consolidação como para evocação de memórias (Faria, 2015).

Dentre as estratégias que podem potencializar a aprendizagem de Matemática, sugerem-se aquelas que envolvem **diferentes representações de um mesmo conceito**. De acordo com **A33.16**:

[...] No âmbito das descobertas obtidas no estudo, as descobertas neurocientíficas, especialmente a codificação tripla, devem ser consideradas ao projetar e desenvolver atividades de instrução assistida por computador para o desenvolvimento de habilidades aritméticas de alunos com MLD [*math learning difficulties*] (Mutlu; Akgün, 2019, p. 248).

Embora o estudo enfatize a elaboração de atividades assistidas por computador para auxiliar estudantes que apresentam dificuldades de aprendizagem matemática, **pressupõe-se que, quanto mais representações de um mesmo conceito** forem utilizadas, mais potencializada será a aprendizagem.

Conforme Gérard Vergnaud, autor da **Teoria dos Campos Conceituais**, “[...] a operacionalidade de um conceito deve ser experimentada a partir de situações variadas e o investigador deve analisar uma variedade de condutas e de esquemas para compreender em que consiste, do ponto de vista cognitivo, este ou aquele conceito” (Vergnaud, 1991, p. 165). Um **Campo Conceitual** é alicerçado em um tripé: 1) **situações** que dão sentido ao conceito; 2) **invariantes** que constituem a propriedade do conceito; e 3) **representações** simbólicas que podem ser utilizadas. Ao explorar o conjunto dos números inteiros e suas operações com estudantes dos Anos Finais do Ensino Fundamental, Costa (2011) utilizou um conjunto de seis materiais manipulativos, usando situações práticas e diferentes representações, cujas invariantes foram as propriedades do conjunto numérico abordado.

A ideia da necessidade da utilização de diferentes representações como facilitadora da aprendizagem de Matemática está presente em diferentes trabalhos, tal como em Grant, Siegel e D’Angiulli (2020). De acordo com Mutlu e Akgun (2019, p. 237), diferentes representações para abordar um conceito matemático “[...] ajudam a reduzir a carga de trabalho da memória de trabalho e são aconselhados a serem utilizados na instrução dos alunos com dificuldades de aprendizagem em matemática”. A ideia de abordagem de um conceito matemático, utilizando diferentes representações pode **facilitar a transição entre a aritmética e álgebra** conforme explicitado em **A36.5**:

[...] Tal percepção pode lançar alguma luz sobre a transição da aritmética concreta para a linguagem simbólica da álgebra, onde os alunos têm de desenvolver habilidades de raciocínio abstrato que lhes permitam generalizar, modelar e analisar equações matemáticas e teoremas (Susac; Braeutigam, 2014, p. 1).

Um conceito fundamental e que admite diferentes modos de representação é o de **função**. De acordo com **A43.5**, os pesquisadores examinaram áreas do cérebro associadas à representação de funções em diferentes formatos:

[...] Os participantes memorizaram funções em formato verbal ou algébrico. Eles foram escaneados enquanto se resolvia uma variável nas equações memorizadas por substituição. O **córtex pré-frontal dorsolateral anterior** foi mais ativo para a recuperação de funções verbais, enquanto os **córtices parietais posteriores bilaterais** foram mais ativos para funções algébricas. Embora este estudo sugira que diferentes áreas do cérebro estão envolvidas na recordação de diferentes representações, não exigiu que os participantes traduzissem entre representações (Thomas *et al.*, 2010, p. 610, grifo próprio).

Anteriormente, evidenciou-se a necessidade de exploração de um mesmo conceito por meio de diferentes representações. Nesse sentido, **estratégias que envolvem a visualização**, em especial conceitos de geometria espacial, parecem ser pertinentes. De acordo com **A21.24**:

[...] A visualização é descrita como um método que pode ajudar a ver o que não é visto. [...] A visualização é a capacidade, o processo e o produto de criar, usar e refletir através de figuras, imagens e diagramas em nossa mente, no papel ou usando ferramentas tecnológicas (Pezzatti; Edelsztejn; Hermida, 2020, p. 10).

Tendo em vista a maturação biológica de áreas cerebrais, anteriormente, mencionadas para a compreensão de diferentes representações (isso será detalhado na categoria 3), cabe a reflexão em relação à **redistribuição de conteúdos nas malhas curriculares** conforme explicitado em **A18.33**:

[...] Torna-se pertinente realizar uma análise e futura adequação nas malhas curriculares das instituições de acordo com as investigações que favorecem e permitem maiores estratégias de aprendizagem nas crianças, gerando assim condições de igualdade entre a população estudantil (Camberos *et al.*, 2020, p. 146).

A unidade **A20.26** ainda traz uma ideia similar, considerando uma investigação realizada no Chile. Conforme **A20.26**:

[...] Em um nível, as bases curriculares, que orientam os objetivos de aprendizagem e os conteúdos que os alunos no Chile devem aprender, podem ser fortalecidas incorporando evidências dos aspectos que favorecem o desenvolvimento e a aprendizagem da matemática dos alunos (Susperreguy; Peake; Gómez, 2020, p. 418).

Os argumentos supracitados levam, por exemplo, à sugestão de **inserir a álgebra no currículo o mais tarde possível** como sendo uma possível estratégia docente para contribuir com uma aprendizagem de Matemática mais eficaz, conforme colocado em **A21.1** “[...] álgebra e funções, embora esta última só recentemente tenha sido introduzida nos últimos anos do ensino primário” (Pezzatti; Edelsztejn; Hermida, 2020, p. 2).

Além da estratégia de deslocamento dos conteúdos na malha curricular, a **adoção de um planejamento individualizado** pode ser uma outra tática adotada pelo professor, conforme exposto em **A33.15**: “[...] porém, revela que o surgimento desse efeito será possível com currículo individualizado para cada interação entre aluno e professor” (Mutlu; Akgun, 2019, p. 248). Pondera-se, entretanto, as dificuldades enfrentadas pelos docentes com relação à falta de momentos de planejamento dentro das instituições escolares para a efetivação de um currículo personalizado.

Considerar o **contexto de realização das atividades** também parece ser ponto crucial, não somente pelo fato do **ambiente ser um fator potencializador ou inibidor** da aprendizagem, como já evidenciado na categoria 1 dessa análise, mas também porque ao **considerar o contexto na elaboração das atividades**, pode aproximar os estudantes das ações pedagógicas propostas. De acordo com **A42.24**:

[...] os professores colocam a matemática “de volta em contextos de aplicação”. Eles recorreram a aplicações práticas para ajudar os alunos a ver o valor e a utilidade no aprendizado da matemática. Alguns professores vincularam habilidades matemáticas a tarefas em outras aulas (Hardré, 2011, p. 227).

Fazendo uma análise um pouco mais aprofundada, o **contexto pode possuir implicações neurocientíficas** na aprendizagem de Matemática, sobretudo componentes considerados basilares, conforme exposto em **A31.20**: “[...] A aprendizagem abstrata que não leva em consideração o ambiente de vida dos alunos afeta o papel da memória de trabalho para salvar informações na memória de longo e curto prazo” (Amaran; Bakar, 2020, p. 5944). Ainda de acordo com **A42.31**:

[...] A integração específica e estratégica da matemática e das ciências em atividades com relevância local e rural e com significado atual para os alunos pode fortalecer a motivação em todas as disciplinas escolares, aproveitando o poder de reintegrar o cognitivo e o afetivo, a mente e os sentimentos que são fundamentais para o desenvolvimento equilibrado de toda a pessoa (Hardré, 2011, p. 230).

Por fim, estratégias que promovem a **interdisciplinaridade entre componentes curriculares** parecem tornar possível outra visão e alavancar o desempenho dos estudantes frente aos cenários que entrelaçam a Matemática com outras áreas. Conforme colocado em **A42.25**:

[...] Os professores de matemática e artes de outra escola colaboraram para mostrar aos alunos como os princípios da matemática e da arte se aplicavam a projetos em torno dos seus artefatos culturais nativos. Os diretores da escola testemunharam que essas estratégias produziram um aumento no interesse pela matemática e uma melhoria nas notas gerais dos testes de matemática (Hardré, 2011, p. 228).

Conforme Leis (2005, p. 2), a interdisciplinaridade:

[...] pode ser definida como um ponto de cruzamento entre atividades (disciplinares e interdisciplinares) com lógicas diferentes. Ela tem a ver com a procura de um equilíbrio entre a análise fragmentada e a síntese simplificadora [...].

Fica evidente na unidade **A42.30** que “[...] uma maior integração do trabalho de tarefas e projetos entre disciplinas poderia reduzir as diferenças percebidas e alavancar a relevância e a utilidade das habilidades que os alunos podem e irão realizar” (Hardré, 2011, p. 230).

As ideias desta subcategoria estão sintetizadas no Quadro 77 a seguir:

Quadro 77 – Síntese da subcategoria 2.2.

SÍNTESE DA SUBCATEGORIA 2.2 ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS BASEADAS NA NEUROCIÊNCIA QUE PODEM CONTRIBUIR PARA A APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA
• Aponta-se a necessidade de diversidade de estratégias metodológicas para o ensino de Matemática, de maneira a exercitar habilidades e competências variadas, em especial, aquelas em que os estudantes têm menos destreza; • Sugere-se oferecer informações/orientações suficientes e completas aos estudantes, utilizando diferentes formas de realizá-las. De acordo com os achados desta investigação, oferecer as informações de forma presencial por meio da fala de um instrutor, em detrimento de meios eletrônicos, pode potencializar a aprendizagem; • Sugere que o professor aponte aspectos-chave do conteúdo abordado. Parece que a forma de agrupar informações e o sentido que elas possuem podem auxiliar na memorização de informações e formação de esquemas cognitivos; • Estabelecer um objetivo claro e apresentar as informações organizadas parecem ser estratégias que o professor pode lançar mão com o intuito de potencializar a aprendizagem de Matemática; • A partir da noção de cognição incorporada, sugere-se apontar o alvo e realizar gestos de diferentes tipos. Gestos dos tipos icônicos, metafóricos ou de ritmo podem ser utilizados; • Sugere-se dividir o conteúdo em partes menores; • Parece que manter uma exposição dialogada também pode ser uma boa estratégia docente, capaz de recrutar a atenção dos estudantes a partir da realização de perguntas durante a aula; • Exercitar as funções executivas, em especial, as básicas (memória operacional, controle inibitório e flexibilidade cognitiva), pode trazer benefícios à aprendizagem de Matemática; • A elaboração de listas de exercícios com graus crescentes de dificuldade se configura como mais uma estratégia pedagógica capaz de exercitar competências elementares, intermédias, complexas e saberes de ordem geral. Deve-se ter cuidado com o nível de carga cognitiva dos exercícios propostos; • Atividades que envolvam a Metodologia de Resolução de Problemas e a Pesquisa em Sala de Aula como procedimento didático parecem fomentar a aprendizagem; • Emoções positivas são desejáveis como um possível potencializador da aprendizagem de Matemática, na medida em que elas podem provocar tendência para a ação dos estudantes quando estão motivados;

- Sugere-se a utilização de **estratégias motivacionais**, na medida em que **ativar e manter determinado comportamento no indivíduo até que um objetivo seja atingido** é desejável, por exemplo, quando se deseja a resolução de um problema;
- Sugere-se pensar em **estratégias motivacionais embasadas em teorias** prévias;
- Considera-se desejável encontrar estratégias didáticas que provoquem a **diminuição ou o controle de emoções negativas**;
- Sugere-se investimento por parte dos professores em **práticas que podem auxiliar o surgimento e o equilíbrio das emoções** no decorrer das aulas, **ênfatizando emoções positivas e diminuindo as emoções negativas**. Por vezes, entender as emoções dos estudantes pode ser mais benéfico do que investir em mais treinamento matemático;
- **Explorar as emoções em sala de aula de forma transversal aos conteúdos matemáticos, com maior frequência**, pode ser uma ação docente para incluir os anseios no planejamento sem, contudo, provocar muitas mudanças em detrimento do conteúdo;
- Utilizar uma **variedade significativa de instrumentos avaliativos**, em uma **concepção de avaliação formativa**, pode promover uma visão mais holística do estudante por parte dos professores. Para os alunos, uma avaliação neste viés pode provocar a emergência de emoções positivas;
- A ocorrência de **aulas em uma concepção Construtivista**, em que os alunos têm a possibilidade de interação com seus pares e com o professor, pode oferecer um **ambiente favorável ao estabelecimento de emoções positivas**;
- Estratégias didáticas que valorizam a **experiência concreta** podem ser fundamentais para que os estudantes passem do patamar concreto ao abstrato;
- Do ponto de vista das Neurociências, valorizar **estratégias que contemplem a escrita à mão livre** pode auxiliar na ocorrência de novas sinapses que não ocorrem a partir de outras ações, tais como desenhar ou teclar; do ponto de vista matemático, as estratégias escritas do tipo **metacognitivas** podem promover o estudante a níveis mais elevados de pensamento, visto que precisa explicar o que foi realizado na resolução de determinado problema;
- **Estratégias didáticas que envolvem outros sentidos**, como músicas e rimas, podem ser consideradas por exercitarem atributos fundamentais à aprendizagem de Matemática como a memória operacional;
- Sugere-se que **experiências emocionalmente potentes** as quais façam uso de diferentes sentidos, mesmo rápidas, podem durar por um longo período;
- Considerando o conceito de **cognição incorporada**, em que a utilização do corpo pode potencializar a aprendizagem, **planejar estratégias pedagógicas em que o nível de incorporação seja o maior possível** pode ser desejável;
- **Utilizar os braços e as pernas para formar ângulos, usar o corpo para realizar atividades ao ar livre que envolvam área e perímetro** são alguns exemplos de estratégias que podem ser utilizadas para potencializar a aprendizagem de Matemática por meio da incorporação;
- Estratégias incorporadas podem ser originadas de **movimentos realizados pelos professores. Maior recrutamento da atenção, fortalecimento do raciocínio, síntese e retenção de informações** são alguns benefícios de aulas em que o professor faz uso de gestos;
- A **repetição** é estratégia importante para a aprendizagem, pois promove a **consolidação de memórias**. As repetições podem ser de **manutenção** (repetição do estímulo) ou **elaborativas** (provocar contato com a mesma informação de maneiras distintas);
- Estratégias de **memorização** podem ser utilizadas, tais como: **repetir um conteúdo em voz alta**, elaborar **associações mnemônicas** e **agrupar informações** utilizando algum critério de similaridade;

- Envolver **diferentes representações de um mesmo conceito** podem alavancar a aprendizagem de Matemática. Pode, inclusive, **facilitar a transição entre a aritmética e álgebra**. A **Teoria dos Campos Conceituais** se apresenta como uma possibilidade viável;
- Tendo em vista a tardia maturação biológica do córtex pré-frontal, envolvido em diferentes representações de conceitos matemáticos, cabe a reflexão com relação à **redistribuição de conteúdos nas malhas curriculares** como possível estratégia pedagógica;
- A **adoção de um planejamento individualizado** pode ser uma outra tática adotada pelo professor dentro das suas possibilidades de atuação, na medida em que se reconhece as dificuldades enfrentadas pelos docentes com relação à falta de momentos de planejamento dentro das instituições escolares;
- Considerar o **contexto de realização das atividades** parece ser ponto crucial, não somente pelo fato do **ambiente ser um fator potencializador ou inibidor** da aprendizagem, mas também porque, ao **considerar o contexto na elaboração das atividades**, os estudantes podem se aproximar das ações pedagógicas propostas;
- O **contexto pode possuir implicações neurocientíficas** na aprendizagem de Matemática, sobretudo componentes considerados basilares, como a memória de trabalho;
- Estratégias que promovem a **interdisciplinaridade entre componentes curriculares** parecem tornar possível outra visão e alavancar o desempenho dos estudantes frente aos cenários que entrelaçam a Matemática a outras áreas de conhecimento.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

8.1.2.3 Subcategoria 2.3 – Atitudes docentes que, à luz da Neurociência, podem contribuir para a aprendizagem de Matemática

A subcategoria 2.3 intitulada *Atitudes docentes que, à luz da Neurociência, podem contribuir para a aprendizagem de Matemática* foi constituída a partir de 39 unidades de sentido, representando, aproximadamente, 4,6% do total de unidades selecionadas para a realização desta metanálise. Esse grupo congrega unidades que sugerem **possíveis ações ou atitudes docentes baseadas na Neurociência que podem intensificar a aprendizagem de Matemática**. Reuniu-se, nesta categoria, unidades relacionadas a **crenças/concepções docentes** que podem fortalecer a aprendizagem deste componente curricular.

Parte-se do pressuposto de que as **atitudes dos professores**, bem como suas **ações pedagógicas**, são parte integrante dos fatores que podem contribuir para o sucesso escolar dos estudantes, visto que, de acordo com **A1.7**, “[...] os professores são os orquestradores da plasticidade neuronal de seus alunos durante o horário de aula” (Ferreira; Gonçalves; Lameirão, 2019, p. 654). Evidenciam-se em pesquisas que muitas soluções com relação a dificuldades em atributos que são essenciais para a aprendizagem (como por exemplo, a atenção) têm recebido intervenção medicamentosa, quando pode, na verdade, tratar-se de uma **atuação inadequada do docente**, conforme colocado em **A15.6**:

[...] São exemplos de reducionismo as práticas que têm dado origem a técnicas de intervenção farmacológica, para o tratamento dos distúrbios de déficit de atenção e hiperatividade, ou a atribuição exclusiva das dificuldades de escrita a déficit neurológico, quando esse déficit pode ter origem em didáticas e práticas educativas inadequadas (Pérez-Puelles, 2021, p. 162).

Um primeiro fator que diz respeito à **concepção dos professores** e que pode afetar de forma negativa as emoções dos alunos, influenciando na aprendizagem de Matemática, conforme já apontado nas subcategorias 1.3 e 1.4 desta análise, está relacionado à **avaliação** e suas **concepções de erro como possível promotor de novas aprendizagens**. De acordo com **A2.18**:

[...] Intervenções educativas que **redimensionem positivamente o “erro”** em tarefas matemáticas podem ter implicações positivas no processo de ensino e aprendizagem e pode vir a quebrar o ciclo viciante da Ansiedade Matemática que gera mau desempenho, que, por sua vez, gera mais Ansiedade Matemática (Moura-Silva; Neto; Gonçalves, 2020, p. 262, grifo próprio).

Conforme explicitado em **A2.9**, “os erros são vistos de modo negativo em tarefas matemáticas, provavelmente ele constitui fator contributivo no desenvolvimento e manutenção da ansiedade matemática” (Moura-Silva; Neto; Gonçalves, 2020, p. 256). Ressalta-se que esta percepção negativa relacionada ao “erro” pode estar presente tanto na concepção de professores como na percepção de estudantes.

Hoffmann (2005) explicita três **concepções de avaliação**: 1) **diagnóstica**; 2) **formativa**; e 3) **somativa**. Em linhas gerais, a **avaliação diagnóstica** refere-se ao momento em que o professor pode compreender o conhecimento dos estudantes, quais pré-requisitos já possuem e quais pontos precisam ser fortalecidos pelos docentes antes mesmo dele abordar conteúdos específicos previstos no seu planejamento para a etapa escolar; A **avaliação formativa** é o momento em que o professor pode intervir **durante o processo de construção do conhecimento** dos estudantes, promovendo atividades em que o papel do erro pode ser redimensionado, servindo como ponto de partida para novas aprendizagens, bem como reestruturações dos planejamentos de aula do professor, e não para punir e classificar os educandos. A **avaliação somativa** é a culminação de todo o processo por meio da expressão de uma nota, menção, ou conceito, geralmente, utilizados nos sistemas escolares para a expressão de resultados.

De fato, o que ocorre diversas vezes é que muitos professores de Matemática não adotam a avaliação a partir de tais concepções. Em geral, não utilizam uma diversidade de instrumentos

avaliativos, focando-se somente na prova e no valor somativo que ela possui, desconsiderando as concepções apreciativas propostas por Hoffmann (2005). Na visão adotada por muitos, a avaliação por meio de uma prova como único instrumento apreciativo e a quantidade de acertos e erros são a finalidade do processo, não havendo a possibilidade de elaboração de novos conhecimentos a partir daquilo que foi feito incorretamente pelos estudantes. Esta concepção, na visão dos estudantes, torna a prova um instrumento punitivo e podem desencadear emoções negativas, sendo causadoras de possível bloqueio ou fator desmotivador na aprendizagem.

De acordo com a unidade **A24.15** “[...] quando um professor consegue reconhecer o nível de consciência e complexidade do aluno, ele sabe até onde desafiar e promover o desenvolvimento” (Anzelin; Marín-Gutiérrez; Choconta, 2020, p. 54). Ainda que seja uma atitude bastante complexa e muitos professores entendam que fatores que extrapolam a aprendizagem podem não estar na sua alçada, ter uma **visão holística sobre os estudantes** é uma atitude docente que pode abrir possibilidades para sanar dificuldades e potencializar aprendizagens.

Conversar com o estudante e sua família, perceber as demandas emocionais dos estudantes para realizar os encaminhamentos adequados junto à Orientação Escolar e profissionais especializados, atentar-se às questões orgânicas e de saúde física como visão e audição e verificar se os estudantes têm as necessidades básicas atendidas (Maslow, 2019) são alguns exemplos desta visão holística que o docente pode vir a ter com os estudantes.

Dentro da visão holística citada anteriormente, destaca-se a **percepção dos docentes com relação às emoções dos estudantes**, sobretudo aquelas desencadeadas a partir das aulas de Matemática. Os estudantes parecem valorizar quando percebem atitudes docentes relacionadas ao cuidado neste viés, conforme explicitado em **A28.6**:

[...] Os resultados revelam que os adolescentes priorizam e valorizam os cuidados emocionais em detrimento dos cognitivos. Tais resultados são entendidos como fonte primária que pode contribuir para a educação no cuidado do afetivo (Valdiviezo-Loayza; Rivera-Muñoz, 2022, p. 4).

Entende-se que o cuidado da saúde mental e manejo das emoções não faz parte do trabalho do professor de forma direta, mas do ofício de orientadores educacionais e, em outra instância, de psicólogos e psiquiatras. Entretanto, compreende-se que dar atenção ao viés emocional e fazer os encaminhamentos necessários, tanto dentro da escola como na rede de saúde, é primordial para o adequado andamento das atividades escolares, conforme explicitado em **A24.12** “[...] que longe de evitar essas emoções, o professor deve compreendê-las como

parte do processo de promoção de estratégias de enfrentamento e processos de regulação emocional” (Anzelin; Marín-Gutiérrez; Choconta, 2020, p. 54).

Mesmo que a promoção de saúde emocional dos estudantes seja função de outros profissionais, uma atitude docente que parece ser adequada é a **inclusão da temática nas aulas**, mesmo que de forma transversal. De acordo com **A24.3**:

[...] é preciso incluir a emoção para gerar processos de aprendizagem eficazes. Portanto, se um professor estiver consciente e reflexivo sobre as emoções geradas pela sua disciplina, num conteúdo ou na sua própria forma de ensinar, gerará processos de aprendizagem eficazes nos seus alunos, evitando obstáculos e limitações nesse processo (Anzelin; Marín-Gutiérrez; Choconta, 2020, p. 50).

Um exemplo bem-sucedido da inclusão da temática das emoções em aulas de matemática é a prática apresentada por Puhl e Dias (2022), em que os professores propuseram aos estudantes dos Anos Finais do Ensino Fundamental a realização de uma pesquisa sobre ansiedade no ambiente escolar utilizando a Pesquisa em Sala de Aula (Borges; Lima, 2022) como procedimento didático.

Pelo exposto, parece plausível admitir que **incluir a temática das emoções no planejamento** e abordá-las nas aulas de Matemática, se conduzida de uma maneira adequada, pode ser fator potencializador da aprendizagem para todos os estudantes, na medida em que a regulação emocional é essencial. De acordo com **A24.13**:

[...] A calibração emocional, elemento essencial para orientar o comportamento e regular a emoção dos outros, pode afetar negativamente [ou positivamente] a aprendizagem sobre o ambiente social e a sua participação nas práticas culturais e subculturais das sociedades, neste caso dos escolares (Anzelin; Marín-Gutiérrez; Choconta, 2020, p. 54).

Tal efeito positivo ou negativo parece acontecer, em especial, àqueles que apresentam alto nível de ansiedade, conforme o exposto em **A2.19**:

[...] práticas pedagógicas que considerem a característica reativa dos alunos com ansiedade matemática e que promovam, de modo gradual, uma atitude proativa perante problemas matemáticos, podem beneficiar esses indivíduos a médio e longo prazo (Moura-Silva; Neto; Gonçalves, 2020, p. 262).

A importância de **ações docentes que provoquem emoções positivas** nos estudantes foi um fator que emergiu a partir da análise do *corpus* desta pesquisa. Na classificação apresentada por Harris (1996) e conforme já exposto na subcategoria 1.3 desta análise, **emoção positiva** é aquela capaz de desencadear um sentimento agradável, enquanto **emoção negativa**

é aquela que provoca sentimentos desagradáveis no indivíduo. Fonseca (2016) destaca o impacto que esses sentimentos têm na aprendizagem, conforme fica evidenciado em **A31.7**: “[...] Este estudo fornece informações para os professores enfatizarem a importância das emoções positivas na aprendizagem da matemática, bem como reduzirem as emoções negativas” (Amaran; Bakar, 2020, p. 5943).

Conforme colocado em **A31.5**, “[...] o desempenho em matemática aumentou quando o professor incorporou emoções positivas através do uso do humor no ensino, inspirando o aluno com palavras positivas e envolvendo o aluno na sala de aula” (Amaran; Bakar, 2020, p. 5943). Atitudes docentes que estimulam os alunos com palavras de incentivo e utilizar certa dose de humor em sala de aula podem servir para manifestar emoções positivas nos educandos.

Cabe observar que as emoções dos sujeitos sofrem modificações ao longo do processo de escolarização e que, por esse motivo, pode ser necessário **adequar o planejamento** caso seja desejo por parte do docente abordar as emoções em sala de aula, conforme explicitado em **A24.16**:

[...] Outro elemento a destacar é que os professores devem reconhecer que a emoção muda durante o processo de formação, de modo que à medida que o aluno sente mais ou menos controle do processo, ele adquire mais experiência ou aumenta o grau de dificuldade, você precisa fazer ajustes em sua prática docente (Anzelin; Marín-Gutiérrez; Choconta, 2020, p. 54).

Desse modo, uma atitude docente que parece indispensável à metodologia de sala de aula é a **reflexão sobre a prática**. Fontana e Fávero (2013) destacam a importância da reflexão docente e as reverberações que esta ação pode ter na prática pedagógica em sala de aula, conforme explicitado em **A24.23**:

[...] os professores que têm o hábito de refletir sobre as suas experiências docentes têm uma atitude mais positiva face ao seu trabalho, são capazes de tomar decisões mais inovadoras e estão mais motivados para as implementar” (Anzelin; Marín-Gutiérrez; Choconta, 2020, p. 57).

Outra atitude docente capaz de potencializar o aprendizado de Matemática é a realização de um **feedback adequado** por parte do docente. Martini e Boruchovitch (2004) elencam cinco atitudes docentes que podem motivar e auxiliar o bom desempenho dos estudantes, dentre elas, o **feedback positivo**. Ainda que haja pontos que possam ser melhorados em alguma tarefa, o docente pode enaltecer pontos positivos, incentivar o esforço e propor estratégias de aprendizagem. A importância do **feedback positivo** é colocada em relevo na unidade **A24.26**:

[...] o feedback do professor pode direcionar e facilitar a aprendizagem se o seu conteúdo estiver focado em tarefas, processos e ações. Segundo os autores, o feedback é mais eficaz quando é dialógico, personalizado, equilibrado em positividade e negatividade, esclarecendo os aspectos que devem ser modificados, detalhado e específico, e desprovido de linguagem inflada (Anzelin; Marín-Gutiérrez; Choconta, 2020, p. 57).

A unidade **A24.28** enfatiza que “[...] um feedback afetivo adequado pode incentivar os alunos a retomar ou redirecionar tarefas que geram estados emocionais negativos” (Anzelin; Marín-Gutiérrez; Choconta, 2020, p. 58). Entretanto, acredita-se que um professor só consegue fornecer *feedback* afetivo, provocando os resultados desejados dessa ação se ele está emocionalmente regulado, conforme exposto em **A24.21**: “[...] um professor com níveis desenvolvidos de consciência emocional pode gerar uma atitude mais positiva, *feedback* eficaz, apoio na gestão emocional dos alunos” (Anzelin; Marín-Gutiérrez; Choconta, 2020, p. 56). Conforme já apontado na subcategoria 1.4 desta análise, a desregulação emocional do docente pode ser um fator inibidor para a aprendizagem de Matemática.

Martini e Boruchovitch (2004) explicam que dentre as atitudes docentes que podem motivar os estudantes é oferecer-lhes **instrumentos de avaliação adequados** que permitam a participação, a melhoria de desempenho e a aprendizagem dos estudantes. De acordo com **A24.25**:

[...] a organização das provas e avaliações, e o feedback fornecido pelo professor têm incidência direta nas emoções dos alunos. Destacam-se alguns estudos, que quando os alunos consideram que o professor os subestima, tendem a ter baixa motivação e emoções negativas, e vice-versa (Anzelin; Marín-Gutiérrez; Choconta, 2020, p. 57).

Um instrumento de avaliação adequado é aquele que consegue captar as dificuldades que o aluno ainda possui com relação ao conteúdo abordado e tem **carga cognitiva adequada**. Instrumentos avaliativos muito fáceis ou muito difíceis podem levar à desmotivação e provocar a inativação dos sujeitos que estão participando da aula.

A **motivação originada do professor** foi outro ponto que emergiu da análise do *corpus* como sendo uma atitude capaz de potencializar a aprendizagem. De acordo com a unidade **A42.3**, “[...] A forma como os professores motivam os alunos faz parte do seu ensino em sala de aula, mas também está incorporada no seu estilo interpessoal à medida que interagem com os alunos em qualquer lugar” (Hardré, 2011, p. 214-215). Cabe salientar, entretanto, que os professores costumam basear suas ações motivacionais a uma observação empírica, constatando quais ações dão resultado ao tentar motivar o estudante, sem considerar um

substrato teórico específico para embasar suas ações motivacionais, conforme explicitado em **A42.19**:

[...] Eles não atribuíram suas estratégias de ensino e motivação para a matemática a estruturas teóricas ou metodológicas específicas, mas a respostas intuitivas ao comportamento dos alunos, baseadas principalmente em seus próprios julgamentos e estilos, com pouca ancoragem em pesquisa ou teoria (Hardré, 2011, p. 226).

A **motivação extrínseca** é um atributo que pode ser intensificado por meio das **atitudes e da personalidade do professor** em sala de aula, conforme explicito em **A26.7**:

[...] é possível afirmar que a motivação extrínseca seria mediada pela personalidade docente e encenação do professor, e facilitaria a geração de estratégias acadêmicas que conduzam o sujeito a atingir um rendimento acadêmico satisfatório (Vélez; Zaluaga, 2022, p. 47).

Gazzaniga e Heatherton (2005) explicam que há duas categorias principais de motivos: 1) **fatores extrínsecos** e 2) **fatores intrínsecos**. Os **fatores extrínsecos** referem-se quando as ações ou atividades são dirigidas para objetivos externos como a realização de horas extras no trabalho para a compra de um carro novo, ou a realização de alguma tarefa em sala de aula para obtenção de alguma nota ou reconhecimento docente. Os **fatores intrínsecos** não estão associados a objetivos externos, mas se relacionam com o valor ou prazer atrelado à atividade, sem um motivo aparente, por exemplo, a motivação que se tem ao brincar com algum animal de estimação. O indivíduo é motivado a brincar, já que sente prazer na atividade, mas não há um objetivo externo aparente como existe nos fatores extrínsecos.

O fato de o professor estar disposto a ter um planejamento flexível, agindo de forma cooperativa e não egoísta perante os alunos (**característica da amabilidade**), é uma característica de sua personalidade que pode ser considerado um **fator motivador extrínseco**, de acordo com a unidade **A26.8**: “[...] Nesse sentido, eles descobriram que o domínio abertura para experimentar (subdimensão da abertura mental), bem como a dimensão amabilidade, previam um estilo motivador em professores baseado na autonomia” (Vélez; Zaluaga, 2022, p. 48). Além disso, o **apoio do professor** foi considerado fundamental pelos estudantes, de acordo com **A42.16**: “[...] Eles tinham altas percepções de apoio do professor na aprendizagem” (Hardré, 2011, p. 222).

A pesquisa proposta no artigo **A42** evidenciou que a maioria das atitudes docentes que visavam a motivação dos estudantes acabavam por influenciar os fatores externos de motivação, conforme exposto em **A42.21**:

[...] A maioria das estratégias auto-relatadas pelos professores foram externalizadas em vez de internalizadas; isto é, consistiam em dizer aos alunos o que deveriam fazer e o que desejariam, em vez de se esforçarem para apoiar os desejos e interesses internos dos próprios alunos (Hardré, 2011, p. 226-227).

Ainda, de acordo com **A42.26**, “[...] As estratégias mais comuns utilizadas no contexto de sala de aula foram estratégias de relevância de disciplina e conteúdo, e aquelas focadas na utilidade futura, dois conjuntos de estratégias intimamente relacionadas” (Hardré, 2011, p. 229). Entretanto, parece plausível supor que **estratégias que motivam um aluno de forma intrínseca** são capazes de motivar os estudantes de forma mais contundente e podem manter o comportamento motivado por um período mais longo de tempo. Lourenço e Paiva (2010, p. 136) explicam que a motivação intrínseca é:

[...] uma tendência natural para procurar a novidade, o desafio e para atingir e exercitar as próprias aptidões. Diz respeito ao empenho numa determinada tarefa por esta ser interessante, envolvente ou, de certa forma, criadora de satisfação (Lourenço; Paiva, 2010, p. 36).

Boruchovitch (2009) explica que um aluno motivado intrinsecamente não aguarda por uma resposta externa das suas ações em sala de aula, ele as executa por prazer, interesse e satisfação em realizá-las. Portanto, parece adequado considerar que atitudes que motivem os estudantes intrinsecamente são desejáveis.

As atitudes docentes também foram consideradas fundamentais para influenciar positivamente as **funções executivas** (Dias; Seabra, 2013) dos estudantes. Tais funções, conforme explicitado nas subcategorias 1.1 e 1.3, parecem ser imperiosas em atividades matemáticas, sejam em exercícios mais mecanicistas ou problemas abertos. De acordo com **A29.25**, “[...] os processos cognitivos podem ter um papel mais mecanicista e específico de domínio. Por exemplo, o controle inibitório pode explicar como os indivíduos usam o conhecimento e a estratégia anteriores durante uma tarefa” (Medrano; Prather, 2023, p. 288). Conforme explicitado em **A29.1**, diferentes esforços têm sido empreendidos para interferir nas funções executivas. Para tanto, diferentes recursos e estratégias didáticas foram explicitadas nas subcategorias 2.2 e 2.3 desta análise.

As atitudes docentes também perpassam pela sua atuação em sala de aula, de modo mais particular durante uma **aula expositiva**, por meio dos **gestos do professor**. De acordo com **A30.2**, “[...] A literatura sobre cognição incorporada sugere que as ações físicas que realizamos,

bem como as ações realizadas ao nosso redor, moldam nossa experiência mental” (Sullivan, 2018, p. 129).

Farsani, Breda e Sebastiá (2020) realizaram uma investigação com intuito de observar a **atenção visual dos estudantes nos gestos do professor**, apontando fatores que a influenciam. Chegou-se aos seguintes resultados: 1) A **atenção visual dos participantes estava potencializada nos primeiros 10 minutos de aula**; 2) **os gestos do professor influenciaram significativamente a atenção visual** dos estudantes. Gestos do tipo icônicos (os gestos representam o conteúdo semântico da fala), metafóricos (idênticos aos gestos icônicos, mas com uma ideia abstrata ao invés de objeto ou evento concreto) e de ritmo (gestos se coordenam com o discurso e caracterizam-se como movimentos curtos e rápidos); 3) quando o professor aponta aquilo que explica, a atenção visual é potencializada; 4) alunos, que possuem rendimento mais alto, prestam mais atenção na primeira metade da aula, depois o nível de atenção se iguala entre os estudantes, independente do rendimento que apresentam; 5) alunos mais introvertidos tiveram mais atenção visual do que as extrovertidas nos primeiros 10 minutos de exposição. Os resultados da pesquisa empreendida pelos autores oferecem subsídios à prática docente, evidenciando que o professor pode focar explicações nos primeiros 10 minutos, fazendo uso de gestos dos tipos apontados pelos pesquisadores.

As **pistas preparatórias** utilizadas pelos docentes podem ser utilizadas para evocar a atenção de quem assiste a uma exposição, conforme colocado na unidade de sentido **A40.7**: “[...] identificar a resposta neural a sinais preparatórios que sinalizam a localização espacial ou recurso de estímulo a ser atendido antes do aparecimento da exibição do alvo real” (Stevens; Bavelier, 2012, p. 32). **Pistas preparatórias** podem ser entendidas como ações realizadas pelo professor como, por exemplo, falar num tom de voz mais baixo que o usual, apontar para o local onde o aluno deve prestar atenção, fazer algum gesto, provocar algum estímulo, utilizar algum recurso diferente do habitual, dentre outros mecanismos, antes de apresentar, de fato, aquilo que o aluno precisa aprender. Em estudo realizado por Stevens e Bavelier (2012), fica evidente na unidade **A40.17** que:

[...] embora as crianças possam ser menos eficientes na filtragem de informações, se uma pré-sugestão espacial (ou seja, orientação exógena) for usada para focar a atenção das crianças antes do aparecimento do alvo, as crianças atuam como adultos (Stevens; Bavelier, 2012, p. 33).

De acordo com os mesmos autores, em **A40.20** é dito que “[...] a atenção seletiva pode ser recrutada, mesmo em crianças pequenas, se forem fornecidas pistas suficientes para

direcionar a atenção seletiva” (Stevens; Bavelier, 2012, p. 33). Logicamente, algumas crianças podem precisar de uma variedade maior de pistas preparatórias ou estimulação por um período maior. De acordo com **A40.40**:

[...] Algumas crianças podem precisar de mais dicas para apoiar a sua capacidade de participar seletivamente. Isto pode, para algumas crianças, envolver a limitação das distrações ou a apresentação de uma oportunidade mais longa de orientação para que a criança esteja preparada para lidar com as distrações (Stevens; Bavelier, 2012, p. 44).

Entretanto, conforme a unidade **A40.22**, com pistas preparatórias suficientes, as crianças podem apresentar modulações atencionais bastante elevadas.

Chama-se a atenção para o fato de que **conhecer fundamentos neurocientíficos** pode, de alguma forma, fazer com que as atitudes docentes sejam mais conscientes e fortalecidas, conforme evidenciado em **A27.8** “[...] Além disso, alguns investigadores sugerem que os professores podem compreender melhor o cérebro através das neurociências, o que poderia, portanto, melhorar o processo de ensino” (Martín-Lobo *et al.*, 2018, p. 6). De acordo com o estudo **A37**, há indícios científicos de que tais conhecimentos podem impactar positivamente a atuação docente, como pode ser visto em **A37.2**: “[...] Portanto, há evidências de que o aumento da alfabetização em neurociências é percebido pelos professores como altamente relevante e capaz de impactar seu comportamento em sala de aula” (Dommett *et al.*, 2013, p. 122).

Por fim, sintetiza-se o que foi exposto nessa subcategoria por meio da unidade **A5.11**:

[...] três elementos capazes de influenciar as práticas dos professores: 1) os sistemas de crenças do professor sobre a matemática e sobre o seu ensino e aprendizagem; 2) o contexto social onde ocorre o ensino, particularmente os obstáculos e as oportunidades que cria; 3) o nível de pensamento e reflexão do professor (Oliveira; Negreiros; Neves, 2015, p. 1035).

As principais ideias desta subcategoria foram sintetizadas no Quadro 78 a seguir:

Quadro 78 – Síntese da subcategoria 2.3.

SÍNTESE DA SUBCATEGORIA 2.3	
ATITUDES DOCENTES, QUE À LUZ DA NEUROCIÊNCIA, PODEM CONTRIBUIR PARA A APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA	
- Professores podem ser vistos como orquestradores da plasticidade neuronal dos estudantes e sua atuação pode influenciar a maneira como esse atributo se desenvolve; - A concepção de avaliação do professor, bem como o uso pedagógico do “erro” do estudante, pode potencializar a aprendizagem;	

- A concepção de uma **avaliação formativa** pode contribuir para o redimensionamento do “erro” em aulas de Matemática;
- Ter **visão holística em relação aos estudantes** pode fornecer hipóteses aos professores de possíveis dificuldades apresentadas pelos educandos;
- A visão holística dos professores em relação aos estudantes pode **prever cuidados** relacionados a: conversar com o estudante e sua família, perceber as demandas emocionais, atentar-se para questões orgânicas e de saúde, verificar se os estudantes têm as necessidades básicas atendidas, dentre outras atitudes;
- A **percepção das emoções dos estudantes** por parte dos docentes parece ser uma atitude valorizada pelos educandos e que contribui para cuidar de questões que podem anteceder a aprendizagem de Matemática;
- Sugere-se **incluir a temática das emoções nas aulas de Matemática**, ainda que de forma transversal aos conteúdos, utilizando a Pesquisa em Sala de Aula como procedimento didático;
- Sugere-se que, na medida do possível, **a ação docente favoreça o desenvolvimento de emoções positivas e diminua a ocorrência de emoções negativas**. Incentivar os alunos com palavras positivas e fazer uso do humor, com parcimônia, podem favorecer a ocorrência de emoções positivas em sala de aula;
- À medida que o aluno sente mais ou menos controle do processo educativo e adquire mais experiência, há **necessidade de adequação da atuação docente**;
- **Refletir constantemente sobre o planejamento e ação pedagógica** parecem ser atitudes necessárias para o sucesso de aulas de Matemática;
- Ter **cuidado com as próprias emoções** pode fazer com que os professores tenham condições de auxiliar os alunos de uma maneira mais eficaz;
- Sugere-se **promover instrumentos de avaliação com carga cognitiva adequada**, gerando equilíbrio na motivação do estudante;
- As ações motivacionais docentes costumam ter viés empírico, sem embasamento teórico relacionado a este atributo;
- O docente pode **motivar os estudantes a partir de fatores extrínsecos**, tais como: auxiliar os estudantes e agir de forma cooperativa e não egoísta, enfatizar a relevância da disciplina e do conteúdo, verbalizar aos estudantes o que desejam e o que esperam que façam;
- O docente pode **motivar os estudantes a partir de fatores intrínsecos**, tais como: considerar os objetivos e desejos dos estudantes no planejamento;
- Os **gestos do professor podem potencializar a aprendizagem** a partir da noção de cognição incorporada;
- Nos **primeiros dez minutos de uma exposição, a atenção parece estar potencializada nos gestos dos docentes**. Os sinais podem ser do tipo **icônicos** (os gestos representam o conteúdo semântico da fala), **metafóricos** (idênticos aos gestos icônicos, mas com uma ideia abstrata ao invés de objeto ou evento concreto) ou de **ritmo** (gestos se coordenam com o discurso e se caracterizam como movimentos curtos e rápidos);
- Os professores podem lançar mão de **pistas preparatórias** para evocar a atenção dos estudantes. Pistas preparatórias podem ser entendidas como ações realizadas pelo professor como, por exemplo, **falar**

em um tom de voz mais baixo que o usual, **apontar para o local** onde o aluno deve prestar atenção, **fazer um gesto**, provocar algum **estímulo** ou utilizar algum **recurso diferente** do habitual;

- **Conhecer fundamentos neurocientíficos** pode potencializar a atividade docente.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

8.1.3 Categoria 3 – Aspectos biológicos e sua relação com a aprendizagem de Matemática

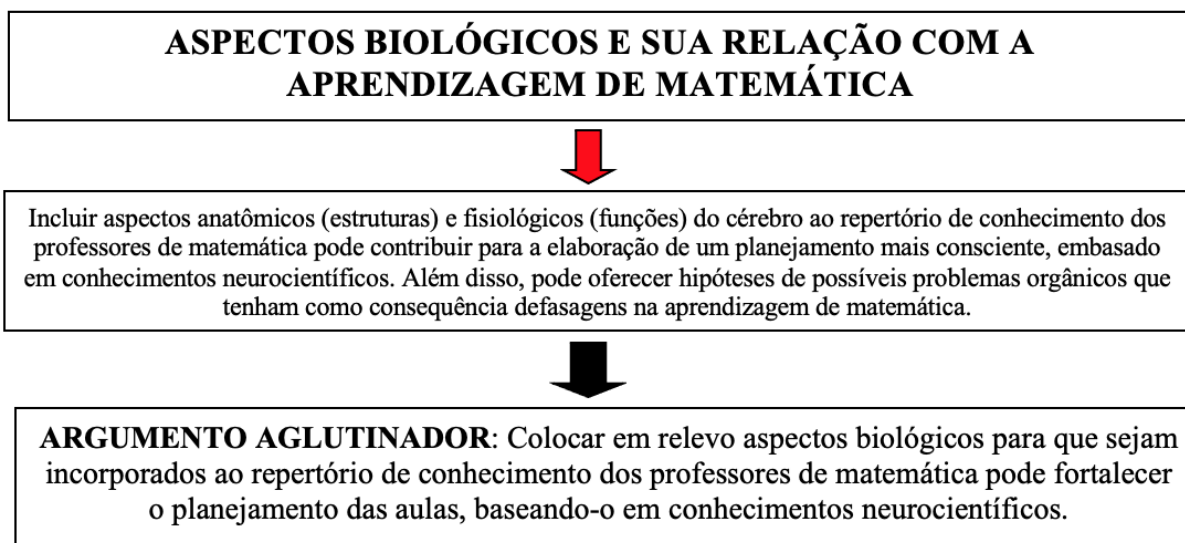
A categoria intitulada *Aspectos biológicos e sua relação com a aprendizagem de Matemática* congrega unidades de sentido que contemplam **aspectos anatômicos (estrutura) e fisiológicos (funções) do cérebro que estão associados diretamente à aprendizagem de Matemática ou a algum atributo estruturante para a sua efetivação**. Fazem parte dessa categoria 115 unidades de sentido, que correspondem a 13,62% das unidades selecionadas.

De acordo com a unidade **A30.17**:

[...] a cognição depende dos tipos de experiências que advêm de ter um corpo com capacidades perceptivas e motoras específicas que estão inseparavelmente ligadas e que juntas formam a matriz dentro da qual o raciocínio, a memória, a emoção, a linguagem e todos os outros aspectos da vida mental estão interligados (Sullivan, 2018, p. 133).

Assim, justifica-se fornecer aos professores subsídios teóricos que estejam relacionados às estruturas responsáveis pela cognição matemática e seu respectivo funcionamento. A categoria apresentada tem a finalidade de colocar em relevo alguns conhecimentos que emergiram da análise do *corpus* desta tese em relação aos aspectos biológicos. De forma esquemática, a categoria pode ser apresentada conforme segue no Esquema 15:

Esquema 15 – Organização da categoria 3: Indicadores biológicos e sua relação com a aprendizagem de Matemática.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Do ponto de vista biológico, diz-se que a aprendizagem se efetiva por meio do reforço de conexões neurais já existentes ou a partir do estabelecimento de novas ligações entre neurônios. Essa característica cerebral é denominada **plasticidade**. De acordo com Cosenza e Guerra (2011, p. 36), “[...] plasticidade é a capacidade de fazer e desfazer ligações entre neurônios como consequência das interações constantes com o ambiente externo e interno do corpo”, ideia que está em consonância com a unidade **A1.2**: “[...] a plasticidade cerebral pode fornecer uma base neural para a aprendizagem formal e informal que ocorre nos ambientes socioculturais” (Ferreira; Gonçalves; Lameirão, 2019, p. 641). A ideia de plasticidade ainda é evidenciada na unidade de sentido **A15.13** (Pérez-Puelles, 2021).

Duas características associadas à plasticidade podem ser observadas: a capacidade de **auto-organização neuronal** e a possibilidade de ocorrência de novas ligações, independentemente da **idade do indivíduo**, ainda que na infância esse processo ocorra de forma mais acentuada, de acordo com a unidade **A36.2** (Susac; Braeutigam, 2014). Tais ideias estão expostas na unidade **A16.1**: “[...] Entre as características mais notáveis dessas redes está a propriedade de que o processamento emergente pode ocorrer nelas como resultado de suas próprias operações, apresentando uma capacidade de auto-organização” (Puebla; Talma, 2016, p. 381) e na unidade **A27.2** “[...] Vários estudos demonstraram que, tanto um cérebro em desenvolvimento, como um cérebro maduro, podem ser estruturalmente modificados durante o processo de aprendizagem” (Martín-Lobo, 2018, p. 4). Sugere-se, portanto, que a aprendizagem

de Matemática pode ocorrer a qualquer tempo, independentemente da idade do estudante, ainda que de forma mais lenta.

Associando a plasticidade cerebral à aprendizagem de Matemática, a unidade **A9.1** traz a seguinte ideia: “[...] a construção do conhecimento matemático é mais produtiva quando ocorrem o erro e os confrontos sobre ele, pois há muito mais conexões neurais sendo estabelecidas” (Freitas; Oliveira, 2022, p. 19). Pelo exposto, parece adequado considerar a concepção epistemológica construtivista na sala de aula de Matemática (Becker, 2001) conforme exposto na seção 4.2 desta tese (Ensino de Matemática: fundamentos epistemológicos).

De acordo com esta vertente epistemológica, o erro é visto como algo que pode trazer benefícios à aprendizagem, em particular, da Matemática. A partir dele, o estudante pode provocar desequilíbrios e novas acomodações (Chakur, 2015), elevando seu repertório de conhecimentos e, do ponto de vista biológico, aumentar e fortalecer conexões neurais.

A unidade **A39.17** traz a ideia de que a **repetição** é algo importante para a consolidação de novas redes neurais: “[...] os autores revisam estudos que demonstraram que o treinamento leva a mudanças nos padrões de ativação, na conectividade funcional do estado de repouso, na estrutura cerebral ou na neuroquímica” (Blakemore; Bunge, 2012, p. 4). Sustenta-se a ideia de que tarefas do tipo **exercício de repetição** também são fundamentais em aulas de Matemática por uma questão de sistematização do conteúdo abordado e por possibilitarem o fortalecimento de conexões neurais, ainda que não seja desejável que essa seja a única estratégia adotada pelo professor.

Cabe ainda lembrar que o **ambiente** tem influência na ocorrência de novas conexões cerebrais, conforme exposto em **A34.1**: “[...] Essa condição (de neuroplasticidade) é explicitada por meio das condições de estímulos e interações com o meio externo” (Silva; Fonseca, 2019, p. 165). Diferentes autores defendem tal posicionamento e evidenciam a importância de uma aula com diferentes estímulos que podem favorecer a plasticidade (Solé; Coll, 1996; Dias; Cruz; Fonseca, 2008; Boruchovitch, 2009).

O **neurônio** é a principal célula do sistema nervoso. De acordo com Spitzer (2007, p. 60), ele é “[...] uma unidade de processamento da informação e [...] a função de um neurônio consiste em receber um *input* e ficar ou não ativado”. A informação passa de um neurônio a outro em um local chamado **sinapse** por meio da liberação/inibição de substâncias químicas denominadas **neurotransmissores** (Spitzer, 2007; Cosenza; Guerra, 2011; Kandel *et al.*, 2014). De acordo com a unidade **A22.8**:

[...] A neuroquímica dessas conexões, ou sinapses, é responsável, em última análise, pelo que fazemos, dizemos, lembramos, sentimos e pensamos. Assim, é necessário compreender os mecanismos bioquímicos responsáveis pelas funções do nosso sistema nervoso e do nosso comportamento (Chamizo; Urbina, 2012, p. 81).

Embora o neurônio seja a principal célula do sistema nervoso e esteja presente em maior quantidade no cérebro (entre 90% e 98%), é importante salientar que ele necessita da atuação de células auxiliares, **células gliais**, para que a sua função seja desempenhada corretamente. Dentre as funções da glia, estão o preenchimento de espaços vazios, o auxílio na formação de sinapses, o isolamento elétrico, o fornecimento de nutrientes para os neurônios e a retirada do excesso de glutamato, evitando a inativação do neurônio (Herculano-Houzel, 2002; Spitzer, 2007; Kandel *et al.*, 2014).

Neurotransmissores são substâncias químicas capazes de **ativar ou desativar sinapses**, provocando ou inibindo a comunicação entre um neurônio e outro (Kandel *et al.*, 2014). Percebe-se a importância dos neurotransmissores para a correta comunicação entre neurônios e, conseqüentemente, para a aprendizagem de Matemática a partir do exposto em **A22.18**: “[...] Alguns neurotransmissores medeiam praticamente todas as funções nervosas, excitando ou inibindo as células que contêm receptores para essas moléculas mensageiras em suas membranas” (Chamizo; Urbina, 2012, p. 86).

Aponta-se como **principais neurotransmissores**: a **serotonina** e a **acetilcolina** (Alvarez; Lemos, 2006). O primeiro atua, principalmente, nos atributos de memória, atenção e emoção, conforme a unidade **A22.14**, enquanto o segundo está mais intimamente ligado à formação de memórias, conforme explicitado nas unidades **A22.15** – “[...] A acetilcolina é um éster formado por acetato e colina, e atua como mensageiro neuronal nos sistemas motor, atencional e de memória” (Chamizo; Urbina, 2012, p. 84) – e **A22.16** – “[...] A acetilcolina é um dos neurotransmissores determinantes em processos cognitivos como atenção, memória e aprendizagem” (Chamizo; Urbina, 2012, p. 85).

As **sinapses colinérgicas** (Ventura *et al.*, 2010) estimulam a ação da acetilcolina, neurotransmissor fortemente relacionado à atenção e à memória, atributos imprescindíveis para a aprendizagem de Matemática. De acordo com a unidade **A22.17**, “[...] mecanismo de estimulação das sinapses colinérgicas induz melhora na atenção e na memória” (Chamizo; Urbina, 2012, p. 85). De forma complementar, em **A22.19** é explicado que “[...] diversos transtornos de ansiedade costumam apresentar resposta ótima ao tratamento com agentes que potencializam a atividade inibitória do GABA, como o diazepam (um benzodiazepínico)” (Chamizo; Urbina, 2012, p. 86). Pelo exposto nas unidades, pode-se perceber que há substâncias

que podem aumentar ou inibir/diminuir o grau de comunicação entre neurônios para que se tenha o efeito desejado, neste caso, a diminuição da ansiedade (Chamizo; Urbina, 2012).

Ainda se referindo a neurotransmissores, a **dopamina** tem papel importante para as emoções (Estevinho; Soares-Fortunato, 2003). De acordo com Follmer e Netto (2013), a doença de Parkinson caracteriza-se pela degradação de neurônios dopaminérgicos e pode ser considerada uma consequência da doença de Alzheimer, cuja principal característica é a perda gradativa de memória, sendo indispensável para a aprendizagem. Para a diminuição dos sintomas, sugerem-se medicamentos que potencializem a **dopamina** no organismo e que **inibam a enzima monoamina**. De acordo com A22.9, “[...] Sabe-se, por exemplo, que existe uma relação entre monoaminas e estados afetivos, emocionais e motivacionais” (Chamizo; Urbina, 2012, p. 82). Pelo exposto, parece plausível supor que a diminuição da concentração de monoaminas e o aumento da concentração de dopamina no organismo podem promover a melhoria de estados emocionais e, conseqüentemente, um cenário mais favorável à aprendizagem de Matemática.

A catecolamina é um tipo de monoamina (Tanno; Marcondes, 2002) que, conforme já divulgado, pode prejudicar o estado emocional dos estudantes. De acordo com a unidade A31.24, “[...]Portanto, pode-se entender que emoções negativas elevadas produzirão catecolaminas” (Amaran; Bakar, 2020, p. 5945). A partir desta unidade, sugere-se que, ao ter emoções negativas despertadas durante a aula, a concentração de catecolamina no organismo aumenta e, conseqüentemente, atributos relacionados à memória e aprendizagem podem ser prejudicados.

Ainda de acordo com A22.11:

[...] As outras duas vias dopaminérgicas importantes estão envolvidas nas respostas cognitivas, emocionais e motivacionais. Na via mesocortical, os axônios dopaminérgicos liberam dopamina em diversas regiões, principalmente no córtex límbico e no córtex pré-frontal (Chamizo; Urbina, 2012, p. 82).

Em complementação, na unidade A22.12 é explicitado que “[...] Acredita-se que essa via, que se origina de um grupo de células dopaminérgicas localizadas no mesencéfalo, esteja envolvida em processos atencionais e emocionais” (Chamizo; Urbina, 2012, p. 82). O sistema límbico, relacionado às emoções, será detalhado em breve, no decorrer desta categoria.

A unidade A22.13 traz maior detalhamento em relação à ação da dopamina no organismo:

[...] Outro grupo de células dopaminérgicas localizadas no mesencéfalo, em um núcleo denominado área tegmental ventral (ATV), projeta seus axônios para o núcleo accumbens, área do sistema límbico. Esta via, conhecida como via mesolímbica, faz parte de um poderoso mecanismo motivacional que nos permite sentir prazer [...]. Por esta razão, este caminho também é chamado de ***caminho do prazer, reforço ou recompensa***. O que é prazeroso, gostamos e é gratificante ativar essa conexão mesolímbica. A liberação de dopamina no núcleo accumbens reforça o comportamento prazeroso que induziu a ativação dessa estrutura. Este sistema motivacional medeia não apenas muitas das nossas respostas adaptativas necessárias para a sobrevivência e a reprodução (como comer quando está com fome, beber quando está com sede, comportamento sexual, dentre outros), mas também é a responsável pela sensação gratificante e agradável particular que cada um sente quando se depara com certos estímulos e situações (Chamizo; Urbina, 2012, p. 83, grifo próprio).

Em relação às estruturas cerebrais associadas à atividade matemática, observa-se atividade no **lobo frontal**, em especial, no **córtex-pré-frontal** (Rodrigues, 2022). De acordo com a unidade **A22.3**:

[...] Finalmente, outras funções dependentes dos lobos frontais são as respostas motoras (o córtex motor primário está localizado logo à frente do sulco central, na região pré-central), a atenção e a concentração, a modulação das emoções, o raciocínio, a capacidade de abstração e memória de trabalho ou de curto prazo (Chamizo; Urbina, 2012, p. 80).

Ainda, segundo exposto em **A31.23**, “[...] O córtex pré-frontal é a parte do cérebro que processa informações para um alto nível de raciocínio” (Amaran; Bakar, 2020, p. 5945). Deve-se estar atento para o **longo período de maturação do córtex pré-frontal** (Menon, 2010; Alvarenga, 2019; Rodrigues, 2022). De acordo com a unidade **A36.4**:

[...] Em contraste, outras áreas cerebrais parecem amadurecer relativamente tarde, tais como áreas de associação pré-frontal que se pensa estarem envolvidas na cognição matemática e outros processos de ordem superior que se desenvolvem ao longo da infância e adolescência (Susac; Braeutttigam, 2014, p. 1).

A mesma ideia está elencada nas unidades **A36.3** e **A39.11** (Blakemore; Bunge, 2012). Tal fato pode sugerir que muitas dificuldades em Matemática apresentadas pelos estudantes na Educação Básica podem estar relacionadas à lenta maturação das estruturas que se relacionam com a cognição matemática, dentre elas, o córtex pré-frontal. Inclusive, pode haver diferenças no padrão de comportamento cerebral de um indivíduo, de acordo com o aumento da idade, conforme sugerido em **A46.13**:

[...] Dado o desenvolvimento prolongado dos lobos frontais, não é possível ter certeza absoluta de que as funções observadas no cérebro em desenvolvimento sejam

idênticas às observadas no cérebro adulto maduro, mesmo que os padrões de ativação sejam semelhantes (Mareschal, 2016, p. 116).

A **atenção** é outro fator que merece destaque, em particular, a **seletiva**, conforme classificação proposta por Ramos *et al.* (2019). As funções cognitivas superiores, dentre elas o raciocínio matemático, estão intimamente relacionadas com este atributo. Isso fica evidenciado pela unidade **A27.14**: “[...] Além disso, o lobo frontal auxilia o pensamento abstrato, o planejamento e as funções cognitivas superiores, mas estas últimas são influenciadas pela atenção, concentração e estado emocional do aluno” (Martín-Lobo *et al.*, 2018, p. 7).

A estrutura cerebral relacionada à **atenção** e às **pistas preparatórias** para atenção (ações que antecedem o aluno estar em estado de vigília) é, principalmente, a região **fronto-parietal**, conforme sugerido em **A40.10**: “[...] é uma rede fronto-parietal que é usada em todas as dimensões para implantar a atenção seletiva” (Stevens; Bavelier, 2012, p. 32). Esta mesma ideia é defendida nas unidades **A40.8** e **A40.13**. Muito embora na literatura se estabeleçam regiões específicas que estejam predominantemente associadas à atenção, verifica-se que pode haver interação entre diferentes áreas do cérebro, conforme apontado na unidade **A40.6**:

[...] Essas formas de controlar a atenção, orientadas por estímulos e por objetivos, dependem de redes parcialmente sobrepostas de áreas cerebrais e, embora guiadas por princípios operacionais separáveis, interagem quase constantemente para, em última análise, determinar a alocação de atenção (Stevens; Bavelier, 2012, p. 32).

A depender do objeto ou da situação que requer a atenção do indivíduo, as áreas responsáveis serão ativadas, conforme **A40.3**:

[...] Da mesma forma, quando a atenção é direcionada para classes específicas de objetos associadas a áreas corticais especializadas (por exemplo, rostos, casas), a atividade é modulada nessas regiões corticais específicas do objeto (Stevens; Bavelier, 2012, p. 31).

Tais afirmações podem sugerir que, ao entrar em contato com entes matemáticos e precisar estar atentos a eles, há demanda de regiões específicas relacionadas. De forma análoga ao córtex pré-frontal, as estruturas cerebrais imbricadas na **atenção seletiva** também têm um **período de maturação mais longo**, conforme colocado em **A40.15**:

[...] No entanto, muitas das estruturas neurais implicadas na implantação eficaz da atenção seletiva e na resolução de conflitos de resposta, incluindo regiões do córtex pré-frontal e parietal, mostram um período prolongado de desenvolvimento estrutural pós-natal que dura pelo menos até a terceira década de vida” (Stevens; Bavelier, 2012, p. 33).

Em **A40.16**, complementa-se: “[...] Esta lenta maturação da arquitetura neural básica, importante para a atenção seletiva, sugere que mudanças funcionais na atenção seletiva também podem ocorrer durante a infância e a adolescência” (Stevens; Bavelier, 2012, p. 33). Isso sugere que, com o passar do tempo, durante a escolarização básica, os alunos têm a tendência de conseguir manter o foco atencional por um período maior na exposição de um professor ou realizando alguma atividade proposta, conforme aludido em **A45.6**: “[...] à medida que as crianças crescem, dependam menos da memória de trabalho e da atenção para resolver problemas de matemática” (Feiler; Stabio, 2018, p. 18).

Para **exercitar o controle atencional** dos estudantes, pode-se usar algumas estratégias, como **jogos eletrônicos de ação e meditação**, embora pareçam atividades antagônicas. A unidade **A40.38**, a seguir, traz essa constatação: “[...] Embora atividades como jogos de ação e meditação intensa possam parecer bastante díspares à primeira vista, elas podem evocar mecanismos compartilhados, permitindo maior automatização e flexibilidade do controle da atenção” (Stevens; Bavelier, 2012, p. 43).

Além da atenção, outro atributo relacionado à aprendizagem que emergiu nesta pesquisa foi a **emoção** (Fonseca, 2016). De acordo com a unidade **A2.2**:

[...] os autores partiram do pressuposto de que a redução de déficits matemáticos seria resultado do aumento do controle cognitivo, que permitiria aos participantes ansiosos ir mudando o desempenho ao longo da resolução de tarefas matemáticas (Moura-Silva; Neto; Gonçalves, 2020, p. 252-253).

Percebe-se, portanto, que o sucesso ou o fracasso na aprendizagem de Matemática não está relacionado somente a aspectos cognitivos, mas também a fatores emocionais. Ainda, de acordo com **A31.11**:

[...] as emoções na aprendizagem podem afetar regiões do cérebro, como o córtex pré-frontal, que é importante para o pensamento e o raciocínio, bem como o **hipocampo**, que desempenha papéis importantes na consolidação da memória de informação (Amaran; Bakar, 2020, p. 5944, grifo próprio).

Parece possível, portanto, estabelecer o tripé emoção-memória-aprendizagem. Ao perceber uma aula por meio de uma emoção positiva (Harris, 1996), é possível que o estudante crie memórias agradáveis e potentes que poderão resultar em aprendizagem.

Conforme exposto na unidade **A27.14**, “[...] o lobo frontal auxilia o pensamento abstrato, o planejamento e as funções cognitivas superiores, mas estas últimas são influenciadas

pela atenção, concentração e estado emocional do aluno” (Martín-Lobo *et al.*, 2019, p. 7). A unidade sugere que o **lobo frontal** também auxilia nas **questões emocionais** dos estudantes e, conforme já foi apontado anteriormente, há demora na maturação desta região, o que pode explicar, por exemplo, a exacerbação emocional na adolescência.

Anatomicamente, as **emoções** estão associadas ao **Sistema Límbico**, sobretudo ao **Circuito de Papez** (Carvalho, 2011; Fonseca, 2016). A unidade de sentido, a seguir, enfatiza o processo como as memórias de curto prazo passam a ser de longo prazo e o modo como essas são evocadas a partir da influência das emoções positivas. De acordo com **A27.37**:

[...] Habilidades de aquisição de informação são processos cognitivos que selecionam e transformam as informações recebidas pelos alunos por meio dos sentidos exteroceptivos para transferi-las para a memória de trabalho e, assim, projetar as informações para áreas temporais do cérebro. Uma vez que a informação está no lobo temporal, as estratégias de codificação da informação permitem a transferência do conteúdo da memória de trabalho para a memória de longo prazo e a sua transformação, integrando-o com conhecimentos prévios numa estrutura cognitiva - com a implicação de regiões corticais posteriores no córtex occipital e temporal, regiões parietais inferiores, giro temporal superior e córtex frontal inferior. Uma vez processada a informação, o sistema cognitivo precisa ter capacidade de recuperação. Para isso, o sistema límbico desempenha um papel importante, dado que variáveis como as emoções e a motivação desempenham um papel relevante ao longo do processo cognitivo (Martín-Lobo *et al.*, 2018, p. 19-20).

Ao fazer a comparação da Figura 2, que apresenta a divisão do cérebro em lobos, com a Figura 4, que apresenta as estruturas envolvidas no Circuito de Papez e, considerando o exposto na unidade de sentido **A27.37**, pode-se depreender que estão envolvidas na **emoção** e, consequentemente, na aquisição e evocação de memórias, estruturas cerebrais localizadas no **lobo occipital, lobo temporal, lobo parietal** e parte inferior do **córtex frontal**.

A **amígdala**, estrutura localizado no **lobo temporal** do cérebro, está fortemente relacionada às emoções (Bear; Connors; Paradiso, 2008). Segundo a unidade **A2.6**:

[...] essa responsividade da amígdala durante os ensaios envolvendo os estímulos matemáticos parecem ser característica específica da Ansiedade Matemática, pois não foi observado o mesmo comportamento em relação à ansiedade-traço (Moura-Silva; Neto; Gonçalves, 2020, p. 255).

Portanto, estudantes que possuem um nível maior de ansiedade relacionada à Matemática podem apresentar comportamento anômalo de tal estrutura. Além disso, de acordo com a unidade **A2.1**:

[...] notou-se que, ao se antecipar uma tarefa de Matemática, mais aumentava a atividade em regiões associadas às ameaças viscerais (ínsula dorso-posterior bilateral)

nos indivíduos com ansiedade matemática, experimentando-se muitas das vezes a experiência da própria dor fato não constatado em indivíduos com baixa ansiedade matemática (Moura-Silva; Neto; Gonçalves, 2020, p. 252).

As **funções executivas**, conforme já explicitado na seção 1.1 desta análise (Fatores que se configuram como preditores para a aprendizagem de Matemática) são fundamentais para a conhecimento deste componente curricular. De acordo com Malloy-Diniz e Dias (2020), são:

um conjunto de processos mentais que, de forma integrada, permitem que o indivíduo direcione comportamentos a metas, avalie a eficiência e a adequação desses comportamentos, abandone estratégias ineficazes em prol de outras mais eficientes e, assim, resolva problemas imediatos, de médio e longo prazo (Malloy-Diniz; Dias, 2020, p. 31).

Anatomicamente, as **funções executivas** estão relacionadas à **área pré-frontal do córtex** cerebral (Shiavon; Viola; Grassi-Oliveira, 2012; Corso *et al.*, 2013; Dias; Seabra, 2013) localizadas no **lobo frontal** (Uehara; Charat-Fichman; Landeira-Fernandez, 2013), o que está de acordo com a unidade **A13.1**:

[...] Anatomicamente, as funções executivas possuem um sistema neural distribuído, em que o córtex pré-frontal (CPF) — porção terciária do lobo frontal — desempenha um fundamental papel, mediando diferentes aspectos envolvidos no funcionamento executivo (Barros; Hazin, 2013, p. 14).

A mesma ideia encontra-se presente na unidade **A13.4**. A unidade **A18.2** ainda reforça a influência do córtex pré-frontal para a regulação adequada das funções executivas (Camberos *et al.*, 2020). De acordo com a unidade **A46.16**:

[...] O desenvolvimento contínuo dos lobos pré-frontais durante o início da adolescência implicaria uma melhoria com a idade nas capacidades dos alunos para inibir informações irrelevantes para a tarefa e coordenar informações relevantes para a tarefa, melhorando suas capacidades de raciocínio científico, bem como a sua capacidade de rejeitar equívocos científicos e aceitar conceitos científicos e concepções, até a adolescência (Mareschal, 2016, p. 116).

Conforme já explicitado na unidade **A36.4** (Susac; Braeutigam, 2014) e endossado na unidade **A13.3**, “[...] O CPF é a última porção cerebral a atingir o ápice maturacional, considerando-se tanto a evolução da espécie (filogênese) quanto o curso desenvolvimental individual (ontogênese)” (Barros; Hazin, 2013, p. 14). Ainda de acordo com **A13.5**, “[...] As diferentes habilidades executivas e suas respectivas trajetórias de desenvolvimento têm início na infância, continuam na adolescência, chegando até a idade adulta” (Barros; Hazin, 2013, p. 15).

Deste modo, pode-se ter uma hipótese embasada na Neurociência sobre motivos pelos quais, muitas vezes, os estudantes possuem dificuldades na utilização de suas funções executivas e, conseqüentemente, na finalização de uma meta como: iniciar, desenvolver e concluir um cálculo. Tais dificuldades podem estar relacionadas a uma questão de maturação biológica das regiões responsáveis pelas funções executivas, para além das dificuldades matemáticas ou ainda às atitudes dos alunos de “não querer” realizar determinada atividade.

Ainda em relação as estruturas responsáveis por mediar as funções executivas a unidade, **A13.2** traz um aprofundamento: “[...] Seriam cinco os circuitos frontais subcorticais paralelos, e três destes estariam envolvidos no desempenho das FE: o circuito dorsolateral, lateral orbitofrontal e o cíngulo anterior” (Barros; Hazin, 2013, p. 14). Existem, no mínimo, três circuitos no córtex pré-frontal que são responsáveis pelas funções executivas: 1) **orbitofrontal**; 2) **dorsolateral**; e 3) **medial**. A região orbitofrontal relaciona-se à avaliação de riscos de determinadas ações e a conseqüente inibição destas; a região dorsolateral está associada ao planejamento e à flexibilização de comportamentos e à memória operacional; por fim, a região medial, situada em uma zona chamada de giro do cíngulo, tem ligação com o monitoramento de ações, correção de erros e a atenção (Cosenza; Guerra, 2011).

É possível atrelar essas regiões à resolução de problemas matemáticos. Pelo exposto, é plausível supor que a região orbitofrontal é usada quando o estudante percebe que não é possível resolver um problema com o algoritmo que ele escolheu e precisa inibi-lo; em seguida, demandando a região dorsolateral, o estudante flexibiliza seu comportamento e busca novas alternativas de solução; por fim, recrutando o giro do cíngulo é possível monitorar e avaliar as novas ações de cálculo escolhidas.

De acordo com a unidade **A17.3**, existem três períodos que são primordiais para o desenvolvimento das funções executivas. De acordo com a unidade **A17.3**:

[...] aponta-se para a existência de três períodos sensíveis no desenvolvimento das áreas frontais: o primeiro inicia-se entre os 4 e os 8 anos de idade; a segunda, entre 10 e 12 anos e a terceira, entre 15 e 19 anos (Miranda; Buils; Roqueta, 2020, p. 207).

Esse achado neurocientífico aponta a necessidade de se promover situações em sala de aula, durante toda a Educação Básica, que propiciem aos alunos o exercício de tais funções, tanto as ditas básicas como as complexas. Dias e Seabra (2013) classificam o controle inibitório, a memória de trabalho e a flexibilidade cognitiva como **funções executivas simples**. Segundo as autoras é, a partir dessas que as denominadas **funções executivas complexas** são originadas

como o planejamento, a tomada de decisão, a resolução de problemas e o raciocínio, amplamente utilizado em atividades que envolvem a Matemática.

Como explicitado anteriormente, a memória de trabalho faz parte das funções executivas simples. De acordo com a unidade **A40.14**, “[...] Esta descoberta destaca o papel causal das regiões do córtex frontal na atenção seletiva, bem como o papel crítico da atenção seletiva no apoio à memória de trabalho” (Stevens; Bavelier, 2012, p. 33). Da mesma forma, de acordo com a unidade **A3.3**, a atenção seletiva “[...] é uma habilidade que é desenvolvida lenta e progressivamente durante a vida” (Zardo; Schroeder, 2023, p. 321) e, conforme a unidade **A18.29**, “[...] a formação do sistema memória de trabalho termina no estágio de desenvolvimento da idade adulta jovem” (Camberos *et al.*, 2020, p. 143), certamente em função de estar associada ao córtex frontal que, conforme já citado, apresenta maturação tardia. Também se pode inferir que, embora sejam atributos distintos, a atenção seletiva é fundamental para o bom funcionamento da memória de trabalho. Parece plausível supor que, ao promover uma atividade em sala de aula que aborde um desses atributos, já se consegue exercitar o outro concomitantemente.

A unidade de sentido **A26.23** explica que:

[...] Por um lado, considera-se interessante demonstrar esta relação nestas idades, pois é concebida como um período crítico ao nível da mielinização das áreas pré-frontais, onde a região que corresponde ao córtex pré-frontal dorsolateral (DLPCF) pode começar a orientar o estabelecimento de metas, a autorregulação metacognitiva para atingir objetivos de realização pessoal e flexibilidade. Especificamente, entre as idades de 9 e 11 anos, há um desempenho superior no componente visual que corresponde à memória de trabalho, embora outros autores sugiram que seja a partir dos 12 anos de idade. Da mesma forma, foi registrado que a memória de trabalho verbal aumenta sua capacidade de armazenar, manipular e evocar as informações de ordem inversa durante este período (Vélez; Montoya-Zuluaga, 2022, p. 51).

A partir desta unidade, pode-se inferir que existem tanto o **componente visual quanto o verbal da memória de trabalho**, o que sugere abordar com estudantes atividades que exercitem ambas. Além disso, a unidade parece sugerir um período de idade favorável ao desenvolvimento da memória de trabalho, correspondente aos Anos Iniciais do Ensino Fundamental da Educação Básica brasileira. Pode-se sugerir, também, a mudança de algum conteúdo de determinado ano escolar, considerando-se aspectos biológicos do organismo.

Não obstante se constate que, com o avanço da idade, a atividade da memória de trabalho seja beneficiada, em um determinado momento da vida, pode haver um declínio desta capacidade cognitiva, conforme explicitado em **A18.1**:

[...] o cérebro apresenta mudanças naturais em relação à idade, esse processo de formação da memória de trabalho ocorre na infância, terminando no início da idade adulta e ao longo dos anos há uma diminuição progressiva dessa capacidade, sendo a atividade física e o treinamento cognitivo um fator protetor nessa fase (Camberos *et al.*, 2020, p. 125).

Embora, à primeira vista, pareçam áreas distintas, sem qualquer relação, a **Matemática e a Consciência Fonológica** guardam estreita relação entre si, na medida em que as mesmas áreas cerebrais são recrutadas para atividades de ambas, conforme explicitado em **A8.16**:

[...] Segundo os autores, os mesmos recursos da memória de trabalho que são utilizados na resolução de problemas matemáticos também são recrutados em tarefas de consciência fonológica (Silva *et al.*, 2015, p. 165).

De maneira relacionada, em **A32.26** é explicado que:

[...] De acordo com o modelo de memória de trabalho de Baddeley, um subcomponente da memória de trabalho denominado **laço fonológico** facilita o armazenamento de curto prazo, codificando informações verbais na memória de longo prazo (Grant; Siegel; D'Angiulli, 2020 p. 19, grifo próprio).

Não coincidentemente, a consciência fonológica foi citada como um fator preditor para a aprendizagem de Matemática na seção 1.1 desta análise (Fatores que se configuram como preditores para a aprendizagem de Matemática).

Diferentes aspectos podem ter influência no funcionamento da memória de trabalho como o estresse e o cansaço, conforme a unidade: **A18.20**: “[...] a memória de trabalho pode flutuar devido à mudança de estresse e fadiga, mas essas variações dependem da tolerância individual e do tipo de personalidade dos participantes” (Camberos *et al.*, 2020, p. 138). Entretanto, cabe salientar que esta função – e todas as outras funções – possuem influência da **individualidade biológica**, ou seja, o organismo de cada um possui particularidades, embora as estruturas e os mecanismos de ação sejam os mesmos para todas as pessoas.

A unidade **A30.26** mostra a importância dos chamados **neurônios-espelho** para a aprendizagem, referindo-se ao fato destes auxiliarem os estudantes em tarefas de reconhecimento, conforme classificação apresentada por Silva e Fonseca (2019) no artigo **A34**. De acordo com a unidade **A30.26**, “[...] Esta ativação de neurônios-espelho no córtex pré-motor esquerdo pode dar aos alunos a sensação de familiaridade com uma palavra e, portanto, ajudá-los a lembrá-la em uma tarefa de reconhecimento” (Sullivan, 2018, p. 135).

Conforme já mencionado, **funções executivas básicas** são: 1) **o controle inibitório**; 2) **a flexibilidade cognitiva**; e 3) **a memória de trabalho**. O controle inibitório, como o próprio

nome já sugere, refere-se à habilidade do indivíduo inibir comportamentos inadequados, resistir ou interromper impulsos em tempo apropriado de avaliar o impacto da ação. Dias e Seabra (2013) explicam que tal habilidade está entre as mais importantes das funções executivas, em função dos seguintes fatores: 1) permite ao indivíduo controlar comportamentos inadequados e ter autocontrole; 2) está envolvida nos processos atencionais, em especial a atenção seletiva, pois auxilia no controle de interferências externas. Ainda sobre o controle inibitório, as autoras completam: [...] o indivíduo se torna capaz de inibir impulsos, comportamentos inadequados, respostas automáticas ou prepotentes, assim como estímulos irrelevantes ou distratores de modo que possa pensar antes de emitir uma resposta” (Dias; Seabra, 2013, p. 207).

Especificamente, a respeito do **controle inibitório**, três unidades de sentido trazem ideias relacionadas a esta função executiva básica em seu núcleo, quais sejam: **A3.4**: “[...] Aos 4 e 5 anos inicia uma maior maturação desta habilidade e, portanto, as crianças passam a controlar e refletir sobre suas ações de modo mais eficiente” (Zardo; Schroeder, 2023, p. 321); **A29.8**: “[...] as funções executivas tornam-se mais diferenciadas ao longo do tempo, com o controle inibitório mais distintamente separável da memória de trabalho a partir dos 10 anos de idade” (Medrano; Prather, 2023, p. 282).; e **A29.13**: “[...] Eles descobriram que o controle inibitório permaneceu significativo durante todo o Ensino Fundamental” (Medrano; Prather, 2023, p. 283).

De acordo com o exposto por Dias e Seabra (2013), o **controle inibitório** também parece ser uma função executiva indispensável à aprendizagem matemática, uma vez que é a partir dela que o indivíduo consegue controlar comportamentos inadequados, como por exemplo, desistir de resolver um problema matemático e inibir interferências externas, tais como desfocar de ruídos do ambiente escolar e se concentrar na explicação de um professor enquanto participa de uma aula de Matemática. Pelo exposto nas unidades, parece ser adequado explorar o controle inibitório das crianças desde a Educação Infantil até a finalização da escolarização básica, pois tal habilidade se estende por todo o Ensino Fundamental e oferece importante substrato para a aprendizagem, em particular, da Matemática.

Concluindo sobre as funções executivas básicas, tem-se a **flexibilidade cognitiva**. De acordo com Corrêa (2019), flexibilidade cognitiva diz respeito ao fato de o indivíduo conseguir mudar os planos em função de oportunidades ou obstáculos, agir conforme demandas de uma situação, conseguir se adaptar a mudanças, encontrar novas soluções para situações adversas, não se apegar a padrões rígidos, mudar o foco atencional e lidar com situações novas. Em particular, para a aprendizagem de Matemática, a flexibilidade cognitiva se torna fundamental,

por exemplo, para que o estudante tente outras formas de resolver determinado problema ou exercício, caso não esteja obtendo sucesso em suas tentativas.

Além disso, este atributo auxilia o aluno a abandonar crenças pré-estabelecidas sobre determinado conteúdo para que consiga alcançar patamares de conhecimento. Por exemplo: ao aprender operar com números inteiros, em geral, os professores explicam a regra de sinais, considerando que, ao operar com sinais iguais, o resultado é algo positivo, enquanto, ao operar com sinais diferentes, o resultado é negativo. Entretanto, esta afirmação não é válida para todos os casos, nem para todas as operações aritméticas. Isso leva o aluno a uma necessidade de desconstrução desta crença para que consiga alcançar o entendimento pleno das operações no conjunto dos números inteiros. Para tanto, a flexibilidade cognitiva se faz necessária. De acordo com a unidade **A13.7**:

[...] entre quatro e cinco anos, as crianças apresentam uma relativa melhora no desempenho de tarefas de planejamento e flexibilidade cognitiva, como na tarefa da Torre de Hanói e em tarefas de fluência verbal semântica (Barros; Hazin, 2013, p. 15).

Com relação a aspectos anatômicos da flexibilidade cognitiva, a unidade **A27.19** traz breve explicação:

[...] são ativados processos cerebrais relacionados às funções executivas, como: lobos frontais, áreas associativas, processos e circuitos neuronais complexos que desempenham um papel na resistência à interferência, na filtragem de informações irrelevantes e na inibição de padrões dominantes inadequados durante a execução da tarefa (Martín-Lobo *et al.*, 2018, p. 8).

Sullivan (2018) traz a ideia de **cognição incorporada**, sugerindo a impossibilidade de dissociar o cérebro do corpo e enfatizando que uma aprendizagem potente depende também de um corpo saudável e incluído no processo. Para o autor, de acordo com a unidade **A30.20**, “[...] A aprendizagem, às vezes, é vista apenas como uma atividade mental, em vez de uma atividade que recruta a mente e o corpo” (Sullivan, 2018, p. 133). Tal ideia é ainda mais enfatizada na unidade **A30.23**, quando o autor afirma que “[...] Apesar da visão tradicional da aprendizagem como estritamente mental, evidências como esta sugerem que o sistema sensório-motor está integrado com a aprendizagem em muitos níveis” (Sullivan, 2018, p. 134).

Na unidade **A30.15**, afirma-se:

[...] Incorporado, segundo eles, significa que a cognição depende das capacidades sensório-motoras do corpo humano e essas capacidades sensório-motoras estão incorporadas em um contexto biológico, psicológico e cultural mais abrangente (Sullivan, 2018, p. 133).

Conforme já divulgado na subcategoria 2.3 desta análise (Atitudes docentes que, à luz da Neurociência, podem contribuir com a aprendizagem de Matemática), o papel do corpo, a partir dos gestos do professor bem como a influência do uso do corpo pelo próprio aluno, ficam evidentes como fatores que podem potencializar a aprendizagem. Em pesquisa realizada por Farsani, Breda e Sebastião (2020), fica expressa a importância dos diferentes tipos de gestos docentes capazes de captar a atenção dos estudantes de maneira mais eficiente.

De acordo com a unidade **A30.18**:

[...] a cognição incorporada pretende marcar a mudança do corpo como alojamento do cérebro para o corpo como parceiro do cérebro na cognição. O corpo determina quais informações sensoriais são necessárias para uma experiência perceptiva e estrutura essas informações. O cérebro e o corpo trabalham em conjunto para produzir cognição que não resultaria de um único processo (Sullivan, 2018, p. 133).

Reforçando essa ideia, tem-se a unidade **A27.9**: “[...] Além disso, embora a atividade do pensamento tenha sido relacionada à linguagem e aos símbolos, ela também está ligada à percepção sensorial e ao funcionamento motor” (Martín-Lobo *et al.*, 2018, p. 6).

As unidades **A30.15**, **A30.16**, **A30.18** e **A27.9** sugerem a importância de um corpo com **capacidades perceptivas** e do efetivo **uso deste corpo** para a potencialização do processo de aprendizagem do indivíduo. Parece plausível, assim, quando unidade **A22.10** relata que:

[...] A liberação de dopamina nesta via, denominada via nigroestriatal, permite o controle e regulação dos movimentos voluntários” pode estar associada com a cognição incorporada na medida em que o hormônio dopamina auxilia nos movimentos corporais (Chamizo; Urbina, 2012, p. 82).

Percebe-se, portanto, mais uma função da dopamina além das que já foram citadas no início desta categoria de análise.

Além das funções executivas, o **córtex pré-frontal**, situado no lobo frontal, está envolvido na **resolução de tarefas numéricas** de acordo com a unidade **A46.11**: “[...] ao contrário dos adultos, as crianças envolvem, principalmente, o córtex frontal ao resolver tarefas numéricas” (Mareschal, 2016, p. 115). Entretanto, com o aumento da idade, a atividade matemática passa a recrutar mais o **lobo parietal**, conforme fica explicitado na unidade **A46.12**:

[...] com o aumento da idade, há uma mudança de uma dependência do córtex frontal para uma dependência do **córtex parietal** em tarefas de raciocínio matemático, talvez devido à redução da carga cognitiva à medida que as crianças gradualmente adquirem conhecimentos em matemática (Mareschal, 2016, p. 115, grifo próprio).

Ainda em relação ao córtex parietal, a unidade **A5.3** traz a seguinte ideia “[...] quando estamos fazendo aritmética básica, a maior atividade cerebral situa-se no lobo parietal esquerdo e na região do córtex motor que controla os dedos” (Oliveira; Negreiros; Neves, 2015, p. 1028). A ideia de que há diferenças nas regiões que são ativadas no processamento numérico entre estudantes jovens e mais velhos está exposta na unidade **A45.5** (Feiler; Stabio, 2018).

Sugere-se que, à medida que os estudantes ficam mais velhos e que detém um arcabouço maior de conhecimentos matemáticos, a carga cognitiva diminui e a demanda do córtex pré-frontal também, enquanto a demanda do **córtex parietal** aumenta. A ideia de que o processamento numérico, com o decorrer do tempo, passa a envolver o lobo parietal também está presente na unidade **A20.16** (Susperreguy; Peake; Gómez, 2020). O córtex parietal está envolvido em diferentes aspectos do processamento numérico, conforme exposto em **A27.34**: “[...] as áreas parietais são ativadas durante atividades numéricas como enumeração, comparação, medição de quantidades e cálculo” (Martín-Lobo *et al.*, 2018, p. 19). Sugere-se ainda que o córtex parietal esteja relacionado a questões espaciais da Matemática, conforme exposto na unidade **A22.7**: “[...] o dano parietal direito é a apraxia visuoespacial, que consiste na dificuldade de construir, montar ou desenhar objetos com características espaciais” (Chamizo; Urbina, 2012, p. 81).

Em consonância com a anatomia relacionada à aritmética, a unidade **A32.8** explica que “[...] Vários estudos de neuroimagem funcional mostraram que os sulcos intraparietais direito e esquerdo são ativados durante tarefas de cálculo que envolvem processamento de magnitude numérica” (Grant; Siegel; D’Angiulli, 2020, p. 5). Ademais, de acordo com a unidade **A32.25**:

[...] o sulco intraparietal direito está associado a maior ativação para processamento de quantidades inexatas para cálculos envolvendo o sistema numérico aproximado, enquanto o giro angular esquerdo e o sulco intraparietal esquerdo estão envolvidos na recuperação de quantidades exatas para cálculos que requerem uma única solução exata (Grant; Siegel; D’Angiulli, 2020, p. 19).

Sobre os aspectos relacionados ao processamento algébrico, a unidade **A43.4** traz a seguinte ideia: “[...] a ativação em regiões de interesse pré-selecionadas no IPS (sulco intraparietal) e no córtex pré-frontal aumentava com o aumento da dificuldade da equação (número de transformações necessárias para resolver)” (Thomas *et al.*, 2010, p. 610).

Cabe salientar, entretanto, que, embora existam áreas primordialmente demandadas no processamento números e equações, várias regiões cerebrais estão envolvidas, conforme colocado na unidade **A32.6**: “[...] o cérebro recruta uma ampla variedade de regiões

interconectadas durante tarefas matemáticas, incluindo áreas pré-frontal, parietal posterior, occipito-temporal e hipocampal” (Grant; Siegel; D’Angiulli, 2020, p. 5).

Ávila, Lara e Lima (2016), tomando por base os estudos de Myklebust e Jhonson (1962), explicam que a discalculia do desenvolvimento se trata de uma inabilidade com operações simples ou complexas e é ocasionada por disfunções cerebrais. De acordo com a unidade **A32.10**, “[...] crianças com discalculia apresentam **ativação reduzida no sulco intraparietal** direito ao realizar tarefas de comparação numérica não simbólica” (Grant; Siegel; D’Angiulli, 2020, p. 5, grifo próprio). Ainda com relação a crianças que apresentam discalculia, a unidade **A32.28** traz que:

[...] Evidências convergentes de pesquisas em neuroimagem e psicoeducacional sugerem que os processos fonológicos, numéricos, semânticos e de memória de trabalho prejudicados podem estar relacionados à **disfunção do giro angular esquerdo** em indivíduos com dislexia e indivíduos com discalculia (Grant; Siegel; D’Angiulli, 2020, p. 19, grifo próprio)

Tal informação é consonante com o exposto na unidade **A8.20** (Silva *et al.*, 2015), em que fica evidente a participação do giro angular esquerdo em atividades tanto de leitura como de Matemática.

Sugere-se que indivíduos com discalculia apresentam **hipoativação nos sulcos intraparietais e hiperativação do giro angular esquerdo**, duas estruturas fortemente associadas ao processamento numérico. De acordo com a unidade **A32.7**:

[...] Estudos de neuroimagem em indivíduos com discalculia identificaram duas regiões parietais associadas à manipulação de quantidades numéricas: os sulcos intraparietais bilaterais e o giro angular esquerdo (Grant; Siegel; D’Angiulli, 2020, p. 5).

A hipoativação de uma estrutura cerebral significa que ela é demandada de modo inferior ao ideal. De acordo com **A32.29**, “[...] indivíduos com discalculia apresentam hipoativação atípica dos sulcos intraparietais bilaterais ao realizar tarefas de processamento de magnitude numérica” (Grant; Siegel; D’Angiulli, 2020, p. 19), ao passo que a hiperativação significa que tal região é demandada de modo superior ao ideal, conforme fica explícito na unidade **A32.30**:

[...] Indivíduos com discalculia apresentam hiperativação atípica no giro angular esquerdo ao recuperar fatos aritméticos, apresentando dificuldades semelhantes às de indivíduos com deficiência matemática ao realizar testes psicoeducacionais que avaliam a fluência matemática básica (Grant; Siegel; D’Angiulli, 2020, p. 19).

O *corpus* da presente pesquisa permitiu estabelecer o **giro angular esquerdo** (ou giro do cíngulo) como uma **estrutura comum entre Matemática e leitura**. De acordo com a unidade **A8.20**, "[...] O giro angular esquerdo pode ser considerado o lócus comum entre a Matemática e a leitura" (Silva *et al.*, 2015, p. 167). Esta ideia núcleo ainda é expressa na unidade **A32.24**: "[...] o giro angular esquerdo pode ser a estrutura neurológica chave que medeia os défices cognitivos expressos, exclusivamente, nas dificuldades de Matemática e de leitura em crianças e adultos" (Grant; Siegel; D'Angiulli, 2020, p. 17).

Ainda de acordo com o giro do cíngulo, tem-se o exposto na unidade **A32.31**:

[...] sugere que seu papel é associar especificamente a linguagem a outros tipos de informação e poderia ser considerada como uma área marginal de processamento de linguagem participando de uma "área de Wernicke estendida" ou "sistema de Wernicke" (Grant; Siegel; D'Angiulli, 2020, p. 19).

Sobre a mesma estrutura cerebral, a unidade **A32.9** explicita que "[...] o giro angular é ativado durante a recuperação de fatos aritméticos da memória de longo prazo, como ao encontrar soluções para multiplicações simples" (Grant; Siegel; D'Angiulli, 2020, p. 5). Parece plausível supor que o **lobo temporal** é uma área comum entre a atividade de leitura e de processamento numérico de acordo com a unidade **A22.4**:

[...] Alterações na leitura (alexia), na escrita (agrafia) e na capacidade de cálculo numérico (acalculia) também costumam aparecer quando há lesão do lobo temporal posterior esquerdo e de áreas corticais perisilvianas próximas (Chamizo; Urbina, 2012, p. 80).

A **alimentação** é outro fator biológico com impacto na aprendizagem, em particular na Matemática. De acordo com **A38.3**, "[...] O cérebro é o órgão que mais consome glicose, e a administração de glicose antes do aprendizado fortalece memórias" (Ribeiro, 2013, p. 9). Todavia, Ribeiro (2013) enfatiza que não se trata apenas da ingestão de calorias, mas da necessidade de uma alimentação balanceada. De acordo com o neurocientista, em pesquisas realizadas em camundongos, constatou-se que eles apresentaram respostas mais lentas em relação àqueles cuja dieta tinha melhor qualidade. Sugere-se que uma alimentação mais balanceada aumente a velocidade da comunicação entre os neurônios.

Além da alimentação, outros fatores biológicos podem beneficiar a aprendizagem. De acordo com **A45.14**:

[...] é possível traçar caminhos diretos da neurociência para a educação; por exemplo, sugerem que o impacto do metabolismo, do exercício, da nutrição, das hormonas do stress ou dos poluentes ambientais na função cerebral (incluindo a aprendizagem) pode ser examinado sem abordagens ou interpretações psicológicas (Feiler; Stabio, 2018, p. 21).

Por fim, a qualidade do sono também se configura como um fator biológico capaz de impactar a aprendizagem. De acordo com **A38.12**, “[...] Sabemos hoje que a interrupção da interferência sensorial que o sono induz propicia uma reverberação mnemônica que é crucial para a consolidação duradoura do aprendizado” (Ribeiro, 2013, p. 14). A acetilcolina, hormônio que tem influência fundamental da memória também é produzido durante um sono de qualidade.

As ideias desta categoria estão sintetizadas no Quadro 79 a seguir:

Quadro 79 – Síntese da categoria 3.

SÍNTESE DA CATEGORIA 3 ASPECTOS BIOLÓGICOS E SUA RELAÇÃO COM A APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA
• A cognição, em particular a Matemática, parece depender de um corpo com capacidades perceptivas e motoras. Sugere-se que o funcionamento do cérebro e o funcionamento do restante do corpo são indissociáveis, e que o raciocínio, a memória, as emoções, a linguagem e todos os outros aspectos da vida mental estão interligados; • Do ponto de vista biológico, a aprendizagem ocorre a partir de uma característica denominada plasticidade cerebral, em que consiste na capacidade de fazer novas ou reforçar as antigas conexões entre neurônios. Esse fenômeno é auto-organizado e ocorre independentemente da idade do indivíduo, ainda que com menor frequência e velocidade; • O erro pode ser considerado uma possibilidade de potencializar a plasticidade cerebral em uma perspectiva construtivista; • Exercícios de repetição podem ser utilizados para fortalecer conexões neurais. Entretanto, em uma perspectiva construtivista, sugere-se que essa não seja a única estratégia adotada pelo docente; • O ambiente de sala de aula com riqueza de estímulos pode contribuir com a ocorrência de novas conexões neurais; por outro lado, ambientes com poucos estímulos podem inibir a plasticidade cerebral; • O neurônio é a unidade básica de processamento da informação. Ele tem a comunicação ativada ou inibida por meio de sinapses que ocorrem a partir de reações químicas de neurotransmissores; • As células gliais são auxiliares dos neurônios, cujas algumas funções são: preenchimento de espaços vazios, auxílio na formação de sinapses, isolamento elétrico, fornecimento de nutrientes para os neurônios e retirada do excesso de glutamato, evitando a inativação do neurônio; • Neurotransmissores são substâncias químicas capazes de ativar ou inibir a comunicação entre neurônios. A serotonina, a dopamina e a acetilcolina são neurotransmissores responsáveis por atributos tais como memória, atenção e emoção;

- A diminuição da concentração de **monoaminas** e o aumento da concentração de dopamina no organismo podem promover a melhoria de estados emocionais e, como consequência, um cenário mais favorável à aprendizagem de Matemática;
- Ao ter emoções negativas despertadas durante a aula, a concentração de **catecolamina** no organismo aumenta e, conseqüentemente, atributos relacionados à memória e aprendizagem podem ser prejudicados;
- Com relação às estruturas cerebrais associadas à atividade matemática, observa-se atividade no **lobo frontal**, em especial, no **córtex-pré-frontal**. Esta estrutura possui maturação tardia;
- Sugere-se a necessidade da utilização de pistas preparatórias para chamar a atenção dos estudantes. A região **fronto-parietal** é a mais demanda pelo atributo da atenção. Tal região também possui maturação tardia, o que sugere que esse atributo se modifique ao longo do tempo e os sujeitos consigam prestar mais atenção aos estímulos;
- Diferentes áreas cerebrais podem interagir para recrutar a atenção, embora existam redes independentes para cada tipo de informação percebida (auditiva, visual, dentre outras);
- **Jogos de ação** e **meditação** podem servir para incrementar a atenção seletiva dos estudantes;
- O sucesso na disciplina de Matemática também está relacionado às **emoções** dos estudantes;
- O **córtex pré-frontal** está associado às emoções dos indivíduos, bem como o **hipocampo**, que também está relacionado à memória. Sugere-se que, biologicamente, as emoções sejam consideradas tão importantes para a consolidação de memórias;
- As **emoções** estão associadas ao **Sistema Límbico**, sobretudo, ao **Circuito de Papez**, cujas estruturas cerebrais estão localizadas no **lobo occipital**, **lobo temporal**, **lobo parietal** e parte inferior do **córtex frontal**;
- A **amígdala** é uma estrutura fortemente relacionado às emoções e que está localizada no **lobo temporal**;
- Anatomicamente, as **funções executivas** estão relacionadas à **área pré-frontal do córtex** cerebral, cuja maturação é tardia. Sugere-se, portanto, que, com o passar do tempo, os estudantes melhoram suas capacidades de controle inibitório, flexibilidade cognitiva e memória de trabalho, bem como as funções executivas decorrentes dessas como o raciocínio. Sugere-se que tais funções podem ser exploradas com os estudantes no decorrer de toda a Educação Básica;
- O **controle inibitório** parece ser uma função executiva indispensável para a aprendizagem Matemática, uma vez que é a partir dela que o indivíduo consegue controlar comportamentos inadequados, por exemplo, desistir de resolver um problema matemático e inibir interferências externas, tais como desfocar de ruídos do ambiente escolar e se concentrar na explicação de um professor enquanto participa de uma aula de Matemática;
- A **flexibilidade cognitiva** se torna fundamental, por exemplo, para que o estudante tente outras formas de resolver determinado problema ou exercício caso não esteja obtendo sucesso em suas tentativas ou ainda abandonar crenças pré-estabelecidas sobre determinado conteúdo para que consiga alcançar patamares cada vez maiores de conhecimento;
- Existem, no mínimo, três circuitos no córtex pré-frontal que são responsáveis pelas funções executivas: 1) **orbitofrontal**; 2) **dorsolateral**; e 3) **medial**. A região orbitofrontal se relaciona à avaliação de riscos de determinadas ações e à consequente inibição dessas; a região dorsolateral está associada ao planejamento e à flexibilização de comportamentos e à memória operacional; por fim, a região medial, situada em uma zona chamada de giro do cíngulo, tem ligação com o monitoramento de ações, correção de erros e a atenção;

- A **Matemática e a Consciência Fonológica** guardam estreita relação entre si na medida em que as mesmas áreas cerebrais são recrutadas para atividades de ambas;
- O **estresse** e o **cansaço** foram apontados como fatores que podem influenciar a memória de trabalho. Entretanto, cabe salientar que esta função – e todas as outras funções – possuem influência da **individualidade biológica**, ou seja, o organismo de cada um possui particularidades, embora as estruturas e mecanismos de ação sejam os mesmos para todas as pessoas;
- Os chamados **neurônios-espelho** podem contribuir para a aprendizagem, referindo-se ao fato de eles auxiliarem os estudantes em tarefas de reconhecimento;
- A **cognição incorporada** sugere a impossibilidade de dissociar o cérebro do restante do corpo e enfatizando que uma aprendizagem potente depende, também, de um corpo saudável e incluído no processo;
- Com o aumento da idade, sugere-se que a atividade matemática passa a recrutar mais o **lobo parietal** para a aritmética básica;
- Sugere-se que **sulcos intraparietais direito e esquerdo** e o **giro angular esquerdo** são ativados durante tarefas de cálculo e manejo de estruturas algébricas, embora se sugira haver recrutamento simultâneo de áreas como **pré-frontal, parietal posterior, occipito-temporal e hipocampal**;
- Sugere-se que a **ativação reduzida no sulco intraparietal direito** (hipoativação) e **ativação demasiada do giro angular esquerdo** (hiperativação) são características funcionais de estudantes com discalculia, uma inabilidade com operações simples ou complexas ocasionada por disfunções cerebrais;
- Sugere-se que o **giro angular esquerdo** (ou giro do cíngulo) possa ser uma **estrutura comum entre Matemática e leitura**;
- Parece plausível supor que o **lobo temporal** é uma área comum entre a atividade de leitura e de processamento numérico;
- A **alimentação** é um fator biológico com impacto na aprendizagem, em particular na Matemática. Nutrição balanceada que não seja rica em gorduras parece potencializar as conexões neurais;
- A qualidade do **sono** parece se configurar como um fator biológico capaz de impactar a aprendizagem. A **acetilcolina**, hormônio que tem influência fundamental na memória, é produzido durante um sono de qualidade.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

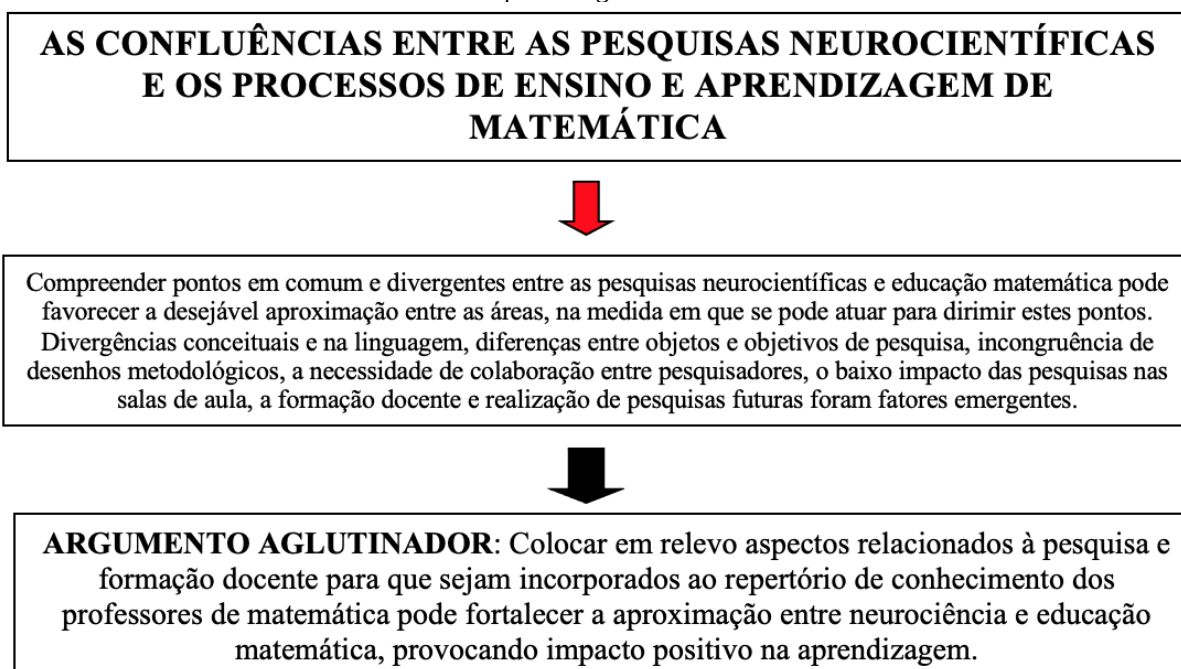
8.1.4 Categoria 4 – As confluências entre as pesquisas neurocientíficas e os processos de ensino e aprendizagem de Matemática

A categoria intitulada *As confluências entre as pesquisas neurocientíficas e os processos de ensino e aprendizagem de Matemática* foi formada por 53 unidades de sentido, representando, aproximadamente, 6,3% do total de unidades de sentido selecionadas. O critério utilizado para agrupá-las foi o fato de a unidade **apresentar alguma ideia central relacionada à pesquisa que envolvesse as áreas de Neurociência e Educação Matemática**, representando algum entrave para uma possível integração entre as duas áreas.

Assim, fazem parte da referida categoria, unidades que se referem a: **divergências conceituais** entre as áreas de Neurociência e Educação Matemática; incongruência entre os **objetos/objetivos de pesquisa** de ambas as áreas; **diferenças metodológicas** das pesquisas em Neurociência e Educação Matemática; obstáculos relacionados à **linguagem** que dificultam a comunicação entre as áreas; necessidade de **colaboração entre neurocientistas e educadores matemáticos**; possibilidade de realização de **projetos interdisciplinares e transdisciplinares**; existência de **atividades que podem ser realizadas** para potencializar possíveis pesquisas; baixo **impacto das pesquisas neurocientíficas em salas de aula**; e, por fim, as possibilidades de realizar **pesquisas futuras** que envolvam as duas áreas.

A presente categoria está representada a seguir no Esquema 16:

Esquema 16 – Organização da categoria 4: As confluências entre as pesquisas neurocientíficas e os processos de ensino e aprendizagem de Matemática.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Um primeiro ponto que parece se configurar como um possível obstáculo para a integração das áreas diz respeito aos **conceitos** utilizados por educadores e neurocientistas. De acordo com **A21.20**:

[...] Eles descobriram que enquanto os cientistas usam o termo memória para se referir aos circuitos neurobiológicos que fazem durar a aprendizagem de longo prazo, os professores da Educação Infantil entendem exatamente o oposto: o que eles chamam

de “memorização” de informações era uma aprendizagem de baixa qualidade e, portanto, facilmente esquecido (Pezzatti; Edelsztejn; Hermida, 2020, p. 8).

Em uma vertente Epistemológica Construtivista, o fato de o estudante memorizar conceitos, fórmulas e algoritmos não pressupõe, necessariamente, aprendizagem. De acordo com Mauri (1996), é necessário que o estudante elabore significados e estabeleça vínculos com os conhecimentos que já possui por meio de novos esquemas, de forma a integrá-los à rede de noções já existentes, complexificando cada vez mais aquilo que conhece. Nesse sentido, parece interessante **propor um quadro conceitual convergente** entre as áreas de estudo envolvidas para que a compreensão seja a mesma para todos os pesquisadores.

Um segundo ponto divergente está relacionado ao **objeto de pesquisa de cada área**. De acordo com A15.5, “[...] A integração dos saberes neurocientíficos e educacionais exige, na ordem conceitual, distinguir as categorias que cada um deles estuda vinculadas aos objetos de pesquisa da disciplina” (Pérez-Puelles, 2021, p. 162). A Neurociência estuda aspectos relacionados à estrutura e ao funcionamento do cérebro (Gazzaniga; Heatherton, 2005; Bear; Connors; Paradiso, 2008), enquanto a Educação Matemática, de modo amplo, tem como foco de estudo as questões de ensino e aprendizagem deste componente curricular.

Estudos como os apresentados por Menon (2010) e Obersteiner (2010) podem servir como exemplos de trabalhos que, embora estejam relacionados à aritmética, são estudos neurocientíficos, estruturados em um ambiente controlado e que tiveram como objeto principal o cérebro, buscando averiguar áreas cerebrais demandadas quando os sujeitos pesquisados respondiam questões matemáticas por meio de ressonância magnética. Por outro lado, os estudos apresentados por Costa *et al.* (2020) e Costa, Lima e Biembengut (2023) estão na rede de estudos pertencentes à Educação Matemática, cujos objetos de pesquisa não são o cérebro, mas questões relacionadas à aprendizagem de Matemática com o uso de *softwares* de autoria e de percepção de cego, respectivamente, em um ambiente não controlado e sem o uso de instrumentos neurocientíficos, como a ressonância magnética.

Nota-se, portanto, que Neurociência e Educação Matemática possuem **objetos e métodos de pesquisa distintos**, fato que configura possível obstáculo para a desejável aproximação entre as áreas. Neste sentido, conforme apontado por A16.5:

[...] Para responder a essa pergunta, devemos primeiro considerar que o objeto a ser investigado pela educação não é necessariamente o mesmo que pode ser analisado a partir das neurociências; e, portanto, o método de pesquisa também poderia ser diferente (Puebla; Talma, 2016, p. 384).

Parece, portanto, haver diferenças metodológicas nas pesquisas realizadas no ramo da Neurociência e da Educação Matemática.

Muitos estudos neurocientíficos têm **caráter clínico**, nos quais o principal objetivo é **verificar quais as áreas cerebrais são demandadas para resolução de questões/problemas**, considerando diferentes conteúdos Matemáticos. Essas pesquisas são realizadas utilizando diferentes tipos de recursos, tais como **ressonância magnética** (Lee *et al.*, 2010; Preusse *et al.*, 2010), **pupilometria** (Bornemann *et al.*, 2010) e **espectrometria** (Obersteiner *et al.*, 2010), apenas para citar alguns exemplos. Em sua maioria, são estudos **quantitativos** realizados em **ambientes controlados** (Turato, 2005; Dal-Farra; Lopes, 2013). Por outro lado, **estudos educacionais**, em particular os relacionados à Educação Matemática, **não possuem caráter clínico** e, em geral, os objetivos centram-se em **compreender questões educacionais** mais amplas e subjetivas. Por isso, em geral, possuem abordagem **qualitativa** (Castro, 1994; Denzin; Lincoln, 2006; Günther, 2006; Flick, 2009; Bogdan; Biklen, 2010; Creswell, 2014; Stake, 2016) e os ambientes de ocorrência dos fenômenos analisados não são controlados em função da natureza da pesquisa educacional (Lüdke; André, 1986).

Desse modo, em virtude de as pesquisas apresentarem **características metodológicas bastante distintas**, é aconselhável que a compreensão dos resultados seja relativizada para que os achados em cada uma das áreas possam ser utilizados de maneira conveniente. De acordo com **A15.18**, é necessário um olhar atento à “[...] Compreensão da influência das condições de laboratório nas descobertas e na aplicação e transferência de resultados em ambientes diferentes de onde foram gerados” (Pérez-Puelles, 2021, p. 169). Ainda, de acordo com a unidade **A25.22**, esta ideia da disparidade metodológica também fica enfatizada, “[...] mas com resultados díspares dependendo das variáveis metodologias e escalas de medição utilizadas” (Zafra; Rodríguez; Ruíz, 2019, p. 15-16). Lincoln e Guba (1985) esclarecem a necessidade da chamada **generalização naturalística**, referindo-se ao fato de que a utilização dos resultados de pesquisas (aqui, em particular, das pesquisas educacionais e neurocientíficas) dependerem, justamente, desse ajuste para que possam ser adequadamente utilizados.

Além das questões metodológicas poderem interferir na desejada aproximação entre Neurociências e Educação Matemática, a **linguagem** utilizada na comunicação e na utilização dos resultados é outro fator a ser considerado. De acordo com **A45.9**, “[...] a necessidade de traduzir a linguagem técnica da neurociência é particularmente enfatizada em muitas discussões da área” (Feiler; Stabio, 2018, p. 20). O estudo empreendido por Feiler e Stabio (2018) enfatiza a necessidade de adequação na linguagem estabelecida entre as áreas sob pena dos impactos mútuos poder enfraquecê-los. Tal necessidade fica ainda mais evidenciada em **A45.3**:

[...] Cada definição na literatura enquadra-se amplamente em um dos três temas principais: definições que se concentram na aplicação da neurociência na sala de aula para melhorar a prática educacional, definições que se concentram na colaboração ou integração de múltiplas disciplinas e definições que se concentram em unir ou traduzir linguagem de diferentes disciplinas (Feiler; Stabio, 2018, p. 18).

Os obstáculos estabelecidos pela linguagem e pela comunicação entre as áreas, conforme já mencionado, pode ter diferentes consequências como o **pouco impacto das pesquisas neurocientíficas nas salas de aula**. Cinco estudos constataram este obstáculo: **A45**, **A16**, **A20**, **A38** e **A39**. Conforme **A45.4**, “[...] A chave é que o impacto da neurociência educacional não está apenas nas descobertas feitas, mas no seu potencial para [melhorar] as práticas educativas” (Feiler; Stabio, 2018, p. 18). Ainda, de acordo com **A16.3**:

[...] descontando o apoio que têm dado à educação especial, a educação tem sido impactada de forma mais informal como disciplina aplicada, estabelecendo continuamente vínculos fracos entre produtos de pesquisa não necessariamente estabelecidos para esta e o que é feito em sala de aula (Puebla; Talma, 2016, p. 383).

O estudo **A20** se referiu, especificamente, à realidade chilena, entretanto, acredita-se que o pouco impacto das pesquisas neurocientíficas em sala de aula não seja uma particularidade do referido país. Conforme **A20.23**:

[...] Embora a pesquisa chilena sobre cognição numérica tenha se tornado mais ativa na última década, os estudos revisados vêm principalmente de grupos de pesquisa em ciências cognitivas, psicologia cognitiva e educacional e neurociências. Embora esses grupos estejam associados à educação, os resultados de suas pesquisas não atingiram necessariamente a educação ou as políticas públicas correspondentes (Susperreguy; Peake; Gómez, 2020, p. 417).

A mesma ideia fica enfatizada nas unidades **A20.24** e **A20.25**. A utilização dos resultados de pesquisas neurocientíficas em salas de aula se configura, portanto, como um desafio para os pesquisadores de acordo com **A20.25**: “[...] Assim, um desafio da pesquisa em cognição numérica no Chile é informar as práticas educacionais e contribuir para a discussão na educação em geral” (Susperreguy; Peake; Gómez, 2020, p. 418).

Considerando o desejável impacto de tais pesquisas no cenário educacional, a unidade **A39.3** enfatiza que:

[...] a neurociência deve ter uma presença maior nas escolas, e os pesquisadores e educadores em educação devem desempenhar um papel mais substantivo na orientação da pesquisa em neurociência sobre aprendizagem e desenvolvimento (Blakemore; Bunge, 2012, p. 1).

Portanto, parece que os professores e pesquisadores em educação podem desempenhar papel mais representativo na **condução de pesquisas que aproximem a Neurociência e a Educação Matemática**. Desse modo, a **necessidade de colaboração entre pesquisadores** de ambas as áreas aparece como um ponto fundamental, conforme apontado em **A31.8**:

[...] requer uma nova abordagem para conectar pesquisa e educação com uma colaboração bidirecional em que profissionais e pesquisadores trabalhem juntos para formular questões e métodos de pesquisa para que possam ser conectados à prática e à política (Amaran; Bakar, 2020, p. 5944).

Os estudo **A35** e **A45** também enfatizam a necessidade deste trabalho de parceria entre profissionais e pesquisadores das duas áreas, conforme explicito em **A35.8** – “[...] Esses artigos também mostram que, idealmente, os esforços de pesquisa em Neurociência e Educação não deveriam ser unidirecionais” (Jaeggi; Shah, 2018, p. 4) – e em **A45.4** – “[...] A chave é que o impacto da neurociência educacional não está apenas nas descobertas feitas, mas no seu potencial para [melhorar] as práticas educativas” (Feiler; Stabio, 2018, p. 18).

A desejável colaboração entre pesquisadores pode ocorrer a partir de **projetos interdisciplinares**, de modo que cada participante colabore com os conhecimentos que possuem maior domínio e experiência. Isso fica evidenciado em **A15.10**:

[...] as teorias da neurociência podem orientar projetos de pesquisa interdisciplinares, como a descoberta de períodos críticos no desenvolvimento da aprendizagem ou da plasticidade cerebral, para explicar, no nível neuronal, os mecanismos de adaptação e aprendizagem (Pérez-Puelles, 2021, p. 164).

A colaboração e a combinação entre Neurociências e Educação Matemática pode fazer emergir novas áreas de conhecimento, conforme explicitado em **A22.2**:

[...] Além destas, algumas outras áreas surgiram quando os objetivos ou métodos de várias delas foram combinados. Por exemplo, vale citar a psiconeuroimunologia, a psiconeuroendocrinologia, a neurociência cognitiva ou mesmo a psicofisiologia (Chamizo; Urbina, 2012, p. 78)

Estes encontros de áreas também podem servir para compreender questões difíceis, conforme evidenciado em **A45.8**: “[...] afirmam que esse trabalho interdisciplinar proporciona uma transição suave entre várias disciplinas e incentiva a análise em vários níveis para responder a questões difíceis” (Feiler; Stabio, 2018, p. 20). A neuroeducação, por exemplo, surge exatamente em função dessa colaboração bem-sucedida, de acordo com **A15.11**:

[...] A neurociência educacional se estabeleceu no Centro de Neurociência em Educação da Universidade de Cambridge, fundado em 2005, que reúne pesquisadores em neurociência cognitiva, neurociência cognitiva do desenvolvimento, psicologia e tecnologias educacionais, teorias educacionais e outras disciplinas relacionadas que estudam as interações entre os processos biológicos e a educação. Assim, eles têm um interesse mais teórico, ao contrário da neuroeducação, que é orientada para as aplicações práticas de descobertas neurocientíficas para aprender e ensinar em sala de aula (Clark J., 2013). Szücs D. e Goswami U. (2007) a definem como uma combinação entre neurociência cognitiva e metodologia comportamental, para a investigação de representações mentais (Pérez-Puelles, 2021, p. 165).

Em um nível mais aprofundado, a **transdisciplinaridade** surge como uma possibilidade de fusão entre a Neurociência e Educação (Matemática, em particular), provocando a emergência de novas áreas de conhecimento. Feiler e Stabio (2018) ao realizarem uma varredura das últimas três décadas sobre Neurociência Educacional, concluíram que a associação entre Psicologia, Neurociência e Educação faria emergir esta nova área de conhecimento. De acordo com **A1.10**, “[...] embora não se tenha chegado a um consenso, quanto ao rótulo deste novo campo, já se conseguiu estabelecer, que o caminho transdisciplinar é o mais indicado para levar a Neurociência ao encontro da Educação” (Ferreira; Gonçalves; Lameirão, 2019, p. 659). De acordo com **A31.9**, “[...] Esta área de investigação transdisciplinar é capaz de compreender como os alunos aprendem, potenciar a sua capacidade cognitiva, afetiva e comportamental desde perspectivas biológicas, fisiológicas e, também, psicológicas” (Amaran; Bakar, 2020, p. 5943).

Ainda na unidade **A22.2**, é informado que:

[...] Além destas, algumas outras áreas surgiram quando os objetivos ou métodos de várias delas foram combinados. Por exemplo, vale citar a psiconeuroimunologia, a psiconeuroendocrinologia, a neurociência cognitiva ou mesmo a psicofisiologia (Chamizo; Urbina, 2012, p. 78).

A partir desses estudos, pode-se perceber que uma área, de maneira isolada, dificilmente conseguirá responder a questões de pesquisas tão complexas, na medida em que podem ser levadas em consideração diferentes perspectivas de análise que, por vezes, podem se complementar. Diferentes tipos de atividades e modo de organizá-las podem favorecer a desejável e possível conexão existente entre Neurociência Cognitiva e Educação Matemática. De acordo com a unidade **A16.4**: “[...] destacando acima de tudo o auxílio e o apoio para que a educação ‘sirva’ como agente pesquisado e não como participante ativo da pesquisa” (Puebla; Talma, 2016, p. 383), a Educação Matemática no contexto escolar não somente deve participar de tal conexão, mas ser o ente pesquisado. As atividades desenvolvidas, em sala de aula, ao

mesmo tempo que podem servir ao aprendizado dos estudantes, com finalidade pedagógica, podem ser utilizadas com intento de pesquisa de forma concomitante conforme evidenciado em **A21.9**: [...] combina finalidades didático-pedagógicas e objetivos de pesquisa” (Pezzatti; Edelsztejn; Hermida, 2020, p. 6).

Por fim, 13 estudos apontaram a necessidade e a possibilidade de **pesquisas futuras** envolvendo Neurociência e Educação Matemática, quais sejam: **A7, A15, A16, A18, A19, A21, A24, A26, A28, A29, A35, A38 e A45**. O Quadro 80 a seguir apresenta as unidades de sentido correspondentes a essas possibilidades:

Quadro 80 – Possibilidades de pesquisas futuras apontadas nas pesquisas.

UNIDADE DE SENTIDO	POSSIBILIDADE DE PESQUISAS FUTURAS
A7.14 (Dias <i>et al.</i> , 2021)	“[...] sugere-se que novas pesquisas sejam empreendidas no intuito de desenvolver instrumentos validados para a avaliação de distintas habilidades matemáticas, pois a identificação e esclarecimento quanto às alterações cognitivas auxiliam em decisões no contexto escolar. Além disso, podem auxiliar na elaboração e execução de planos de ensino que considerem suas particularidades e forneçam elementos colaborativos para a redução de possíveis dificuldades apresentadas” (p. 30).
A13.8 (Barros; Hazin, 2013)	“[...] No contexto da avaliação neuropsicológica pediátrica de FE, a maioria dos instrumentos são adaptações ou aplicações de medidas inicialmente desenvolvidas para adultos” (p. 15).
A13.14 (Barros; Hazin, 2013)	“[...] Muitos instrumentos de avaliação das FE são adaptações de avaliações com adultos e, portanto, pouco sensíveis para uso com crianças” (p. 20).
A15.14 (Pérez-Puelles, 2021)	“[...] Pesquisas que tenham como objetivo compreender a interação entre o aumento do conhecimento e o declínio da função executiva e da memória, bem como investigações sobre redes de atividade neural e o papel da função executiva e da memória para informar e modificar modelos cognitivos assimilados por teorias de aprendizagem” (p. 169).
A15.7 (Pérez-Puelles, 2021)	“[...] propõem que o nível cognitivo de análise continua a ser a primeira interface da ponte entre as neurociências e a educação, mesmo que se espere que medidas neurais possam aumentar o conhecimento de nossos modelos de aprendizagem” (p. 163).
A15.15 (Pérez-Puelles, 2021)	“[...] Desvendar os mecanismos neurais das emoções, destacando o impacto do estresse na aprendizagem e na memória e os fatores que podem alcançar o autocontrole e a gestão emocional. Em particular, a interação do cérebro emocional do adolescente e os diferentes tipos de ambientes escolares” (p. 169).
A16.8 (Puebla; Talma, 2016)	“[...] Mas, para poder responder as questões acima com relevância educacional, a pesquisa neurocientífica deve abordar metodologicamente a sala de aula, e estabelecer modelos de pesquisa que possam ser realizados em campo ou em simulações mais próximas da prática educacional” (p. 385).
A18.23 (Camberos <i>et al.</i> 2020)	“[...] outras pesquisas levantam a importância de investigar este tema para buscar estratégias de ensino que fortaleçam os processos relativos à memória de trabalho, especificamente para fortalecer este campo” (p. 139).

A19.5 (Stelzer; Cervigni; Mazzoni, 2013)	“[...] a avaliação dos efeitos do programa ocorreu imediatamente após o término de sua administração. Dessa forma, seria necessário determinar em trabalhos posteriores se as mudanças observadas persistiriam ao longo do tempo” (p. 4).
A21.23 (Pezzatti; Edelsztein; Hermida, 2020)	“[...] Um possível ponto de encontro entre a investigação em educação matemática e as ciências cognitivas, que visa reforçar a aprendizagem da matemática pelos alunos, poderia incluir uma análise de quais representações e visualizações funcionam com a compreensão de conceitos matemáticos ou ajudam a resolver problemas” (p. 10).
A24.32 (Anzelin.; Marín- Gutiérrez.; Choconta, 2020)	“[...] Em relação a este último ponto, é importante a realização de estudos que nos mostrem o papel do estado emocional do professor, a sua forma de lidar com ele em sala de aula e o impacto que tem nos alunos e na sua aprendizagem” (p. 59).
A26.28 (Vélez; Zaluaga, 2022)	“[...] reconhece-se, a partir deste artigo de revisão, que essas variáveis estabelecem uma relação entre si que poderia posteriormente ser testada empiricamente” (p. 53).
A28.11 (Valdiviezo- Loayza; Rivera- Muñoz, 2022)	“[...] há necessidade urgente de promover pesquisas que visem ampliar a compreensão e o conhecimento da inter-relação entre os diferentes construtos associados à inteligência emocional na escola, bem como analisar suas variáveis em diferentes realidades educacionais” (p. 7).
A29.19 (Medrano; Prather, 2023)	“[...] Pouco se sabe sobre como o controle inibitório se relaciona com o uso de estratégias na aritmética de números inteiros” (p. 287).
A35.2 (Jaeggi; Shah, 2018)	“[...] Eles argumentam que o estudo do desenvolvimento atípico pode ser especialmente útil para obter uma melhor compreensão do desenvolvimento da matemática e dos seus mecanismos cognitivos e cerebrais subjacentes” (p. 2).
A38.8 (Ribeiro, 2013)	“[...] Ainda está por se construir uma ciência educacional capaz de ser testada e continuamente melhorada de forma empírica e quantitativa. Se não chegarmos a uma pedagogia científica capaz de alavancar o aprendizado dos mais necessitados, é provável que continue aumentando a desigualdade educacional do planeta” (p. 10).
A45.13 (Feiler; Stabio, 2018)	“[...] Como a eficácia educacional é medida a nível comportamental, a neurociência só pode informar a psicologia da aprendizagem, que por sua vez informa o comportamento e, portanto, a educação” (p. 21).
A45.21 (Feiler; Stabio, 2018)	“[...] A maioria das pesquisas em neurociência educacional tem se concentrado no Ensino Fundamental, mas há um grande potencial para o campo impactar a forma como treinamos estudantes adultos, incluindo estudantes de medicina, estudantes de doutorado, estudantes de direito e estudantes de administração” (p. 23).

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Conforme evidenciado no Quadro 80, foram apontadas possibilidades de pesquisas futuras em diferentes vertentes. São exemplos de apontamentos: 1) necessidade de desenvolver instrumentos que sejam capazes de avaliar mais habilidades matemáticas além das aritméticas, amplamente apontadas no decorrer deste estudo; 2) necessidade de desenvolver instrumentos específicos para avaliação de crianças, na medida em que a maioria deles são desenvolvidos

para adultos e adaptados para aplicações com o público infanto-juvenil; 3) pesquisas que visem compreender de que modo o aumento do conhecimento e o declínio da função executiva e da memória se relacionam com teorias de aprendizagem; 4) impacto do estresse na aprendizagem e na memória, considerando diferentes tipos de ambientes escolares; 5) pesquisas que apontem estratégias de ensino que fortaleçam os processos relativos à memória de trabalho; 6) trabalhos posteriores de cunho longitudinal para compreender se as mudanças observadas nas estratégias persistiriam ao longo do tempo; 7) pesquisas que busquem analisar quais representações e visualizações funcionam com a compreensão de conceitos matemáticos ou ajudam a resolver problemas; 8) estudos que tenham como foco o estado emocional do professor, a sua forma de lidar com ele em sala de aula e o impacto que tem nos alunos e na aprendizagem; 9) pesquisas que considerem outros níveis educacionais além do Ensino Fundamental.

As unidades **A16.8** e **A38.8** merecem atenção especial. De acordo com a unidade **A16.8**: “[...] a pesquisa neurocientífica deve abordar metodologicamente a sala de aula, e estabelecer modelos de pesquisa que possam ser realizados em campo ou em simulações mais próximas da prática educacional” (Puebla; Talma, 2016, p. 385) e, de acordo com **A38.8**:

[...] Ainda está por se construir uma ciência educacional capaz de ser testada e continuamente melhorada de forma empírica e quantitativa. Se não chegarmos a uma pedagogia científica capaz de alavancar o aprendizado dos mais necessitados, é provável que continue aumentando a desigualdade educacional do planeta (Ribeiro, 2013, p. 10).

As unidades mencionadas consideram a possibilidade da emergência de uma Pedagogia Matemática alicerçada na Neurociência, em que a sala de aula de Matemática seja abordada metodologicamente de forma que se chegue o mais próximo possível de uma pedagogia científica. **Os indicadores propostos nesta tese são de cunho teórico**, uma vez que emergiram de uma metanálise. Sugere-se, portanto, **a criação de diferentes cenários metodológicos, de maneira que se possa testá-los e validá-los de maneira empírica no ambiente escolar**.

A **formação de professores** também foi apontada como ponto crucial para a desejável aproximação entre Neurociências e Educação Matemática. Santos (2018), em sua dissertação de mestrado, investigou qual o conhecimento neurocientífico e o nível de valorização desse conhecimento por professores de Ciências da Natureza, concluindo que há **carência com relação aos conhecimentos neurocientíficos nos Cursos de Licenciatura**, em particular desta área. Na mesma linha, Thomaz (2018) concluiu que os **fundamentos neurocientíficos são pouco conhecidos pelos docentes** e licenciandos participantes de sua pesquisa. Conforme **A16.9**:

[...] Em outras palavras, a disciplina de neurociências na educação tem que se firmar como tal, incorporando-a oficialmente aos currículos de formação de educadores e configurando-a no concerto de especialidades no campo educacional, seja como diplomas de especialização, mestrados ou focos de investigação ação em propostas de doutorado em educação (Puebla; Talma, 2016, p. 385).

De acordo com Oliveira (2014), os professores que compreendem Neurociência têm maior potencial de planejamento de aulas e elaboração de materiais didáticos. Na mesma vertente, Filipi *et al.* (2015) evidenciam a necessidade de os professores compreenderem o funcionamento do cérebro para terem subsídios teóricos para propor novas estratégias de ensino. De acordo com A20.27: “[...] Por outro lado, a formação inicial de professores poderia aproveitar as descobertas empíricas e as implicações derivadas de estudos chilenos e internacionais sobre cognição numérica” (Susperreguy; Peake; Gómez, 2020, p. 418).

O Quadro 81 a seguir apresenta as sínteses das ideias contidas nessa categoria:

Quadro 81 - Síntese da categoria 4.

SÍNTESE DA CATEGORIA 4
AS CONFLUÊNCIAS ENTRE AS PESQUISAS NEUROCIENTÍFICAS E OS PROCESSOS DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA
- Diferenças conceituais entre as áreas podem dificultar a integração entre Neurociências e Educação Matemática como o conceito de memória utilizado por neurocientistas e educadores matemáticos em uma perspectiva construtivista; - A proposição de um quadro conceitual convergente entre as áreas de estudo envolvidas parece ser uma sugestão viável; - A divergência entre os objetos de pesquisa de cada área parece ser fator inibidor para a aproximação da Neurociência com a Educação Matemática. A Neurociência estuda aspectos relacionados à estrutura e ao funcionamento do cérebro, enquanto a Educação Matemática tem como foco de estudo as questões de ensino e aprendizagem deste componente curricular; - Em função dos objetos de pesquisa concernentes a cada área, os métodos de pesquisa empregados, em geral, são distintos. Enquanto os estudos neurocientíficos apresentam abordagem quantitativa, do tipo clínico, ocorrendo em ambientes controlados e com os dados sendo analisados estatisticamente, as pesquisas educacionais, em sua maioria, são de natureza qualitativa, de diferentes tipos, ocorrendo em ambientes não controlados e com os dados analisados sem tratamento estatístico. Por esse motivo, sugere-se que os resultados das pesquisas sejam relativizados para que sejam utilizados de forma coerente; - A linguagem utilizada na comunicação e na utilização dos resultados é outro fator a ser considerado. Enfatiza-se a necessidade de adequação na linguagem estabelecida entre as áreas sob pena dos impactos mútuos que podem, porventura, ocorrer serem enfraquecidos; - Os obstáculos estabelecidos pela linguagem e pela comunicação entre as áreas, pode ter diferentes consequências como o pouco impacto das pesquisas neurocientíficas em salas de aula; sugere-se que os professores e pesquisadores em Educação possam desempenhar papel mais representativo na condução de pesquisas que aproximem a Neurociência e a Educação Matemática;

- A **necessidade de colaboração entre pesquisadores** de ambas as áreas aparece como um ponto fundamental para a ocorrência da desejável aproximação entre Neurociência e Educação Matemática;
- Acredita-se que a colaboração possa ocorrer por meio de **projetos interdisciplinares**;
- A **transdisciplinaridade** também foi apontada como possibilidade dessa colaboração, provocando fusão entre conhecimentos e, como consequência, a emergência de novas áreas de conhecimento;
- Sugere-se que a educação seja o ente pesquisado ao invés de ser somente o suporte para pesquisas que envolvam Neurociência e Educação Matemática. Além disso, as atividades desenvolvidas em sala de aula, ao mesmo tempo que podem servir ao aprendizado dos estudantes, com finalidade pedagógica, podem ser utilizadas com intento de pesquisa de forma concomitante;
- A **formação de professores** também foi apontada como ponto crucial para a desejável aproximação entre Neurociências e Educação Matemática. Sugere-se que há **carência com relação aos conhecimentos neurocientíficos nos cursos de licenciatura** e que os **fundamentos neurocientíficos são pouco conhecidos pelos docentes**;
- Sustenta-se que os **professores que compreendem Neurociência** têm maior **potencial de planejamento** de aulas, novas **estratégias de ensino** e **elaboração de materiais didáticos**;
- Diferentes possibilidades de **pesquisas futuras** foram apontadas, que requerem desenhos metodológicos diversos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo tem como objetivo apresentar as considerações finais desta investigação. A pesquisa aqui empreendida teve o seguinte objetivo geral: Construir indicadores qualitativos, baseados na Neurociência Cognitiva, para os docentes efetivarem o planejamento, o acompanhamento e a avaliação de aulas de Matemática da Educação Básica, a partir de metanálise qualitativa.

Com relação à metodologia, o estudo realizado foi do tipo metanálise de abordagem qualitativa. Para a busca dos estudos, foram utilizadas três bases de dados (Google Acadêmico, Scopus e Web of Science) em três idiomas distintos (português, espanhol e inglês). Elaborou-se uma estrutura única de busca e estabeleceram-se critérios específicos de inclusão e exclusão para constituir o *corpus* de estudo. Deste modo, foram selecionados 47 estudos assim distribuídos: 20 em Língua Inglesa, 16 em Língua Portuguesa e 11 em Língua Espanhola.

Para a análise dos dados, utilizou-se a **Análise Textual Discursiva (ATD)**, método de análise composto por três etapas: 1) **unitarização**; 2) **categorização** e 3) **elaboração de metatextos**. A unitarização corresponde ao processo de desmembramento das ideias de um texto. Cada excerto com uma ideia núcleo, extraído dos textos que compõe o *corpus*, corresponde a uma unidade de sentido. O processo de unitarização do *corpus* da pesquisa resultou em um total de **844 unidades de sentido**.

Após o processo de unitarização, passou-se para a etapa de categorização na qual as unidades de sentido foram agrupadas por semelhança. Por meio de um processo recursivo, a categorização foi realizada sucessivas vezes, gerando **quatro categorias finais de análise**, com as respectivas subcategorias. Por fim, a etapa de metatextos corresponde à análise efetiva dos dados, a partir da escrita de textos de caráter descritivo e interpretativo.

Do processo de unitarização, resultaram **844 unidades de sentido**. As unidades de sentido foram reagrupadas em **quatro categorias finais e respectivas subcategorias**, com o intuito de melhor organizar o material e aprofundar aspectos da análise. As categorias emergentes são: 1) *Indicadores originados da Neurociência e sua relação com a aprendizagem de Matemática*; 2) *Indicadores originados da Neurociência e sua relação com a ação pedagógica*; 3) *Indicadores biológicos e sua relação com a aprendizagem de Matemática*; 4) *A confluência entre as pesquisas neurocientíficas e os processos de ensino e aprendizagem de Matemática*.

A categoria de análise 1, intitulada *Indicadores originados da Neurociência e a sua relação com a aprendizagem de Matemática*, congregou unidades de sentido que têm relação com achados neurocientíficos que apontam **preditores, pré-requisitos, fatores potencializadores e fatores de risco (inibidores) para a aprendizagem de Matemática**. Ela foi organizada em 4 subcategorias, a saber: 1.1) *Indicadores que se configuram como **preditores** para a aprendizagem de Matemática*; 1.2) *Indicadores que se configuram como **pré-requisitos** para a aprendizagem de Matemática*; 1.3) *Indicadores que se configuram como **potencializadores** para a aprendizagem de Matemática*; e 1.4) *Indicadores que se configuram como possíveis **riscos (inibidores)** para a aprendizagem de Matemática*. Cabe salientar que mais da metade das unidades de sentido faz parte dessa categoria.

Da **subcategoria 1.1**, intitulada *Indicadores que se configuram como **preditores** para a aprendizagem de Matemática* foram originados **6 indicadores**. Cada um deles se configura como um possível **preditor** para a aprendizagem de Matemática. Ainda que não se possa prever o nível de aprendizagem de Matemática de um estudante, acredita-se que ao satisfazer esse conjunto de preditores, ainda que em parte, forma-se um indivíduo nas quais se potencializa a possibilidade de obter sucesso neste componente curricular no decorrer da Educação Básica.

Tais preditores são os seguintes: 1) Desenvolvimento adequado das **Funções Executivas Básicas** dos estudantes, quais sejam: memória de trabalho, controle inibitório e flexibilidade cognitiva; 2) Desenvolvimento adequado da **consciência fonológica** dos estudantes; 3) Desenvolvimento adequado da **atenção seletiva** dos estudantes; 4) Acesso e permanência à **Educação Infantil de qualidade**; 5) Ter **acompanhamento familiar**, sobretudo

nos Anos Iniciais da Educação Básica e 6) Oferecer aos estudantes atividades específicas que propiciem o **desenvolvimento do senso numérico e comparação de números naturais**, fazendo o uso de diferentes representações.

Com relação à **subcategoria 1.2**, intitulada *Indicadores que se configuram como pré-requisitos para a aprendizagem de Matemática*, emergiram indicadores relacionados à três dimensões: 1) **pré-requisitos relacionados aos conteúdos**: sugere-se observar os conteúdos que são essenciais para a aprendizagem de conceitos subsequentes, como por exemplo, a **comparação de números naturais e o senso numérico**. Além disso, sugere-se observar a **interconexão entre os conteúdos** para considerá-la no planejamento docente. Nesse sentido, sugere que os docentes atuem de forma diagnóstica com a finalidade de perceber se os estudantes possuem os pré-requisitos necessários, relacionados ao conteúdo. Propõe-se adequada construção do número nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental, sob pena de prejuízos no decorrer de toda a Educação Básica; sugere-se que **dificuldades em Matemática nos Anos Iniciais de escolarização** podem surtir efeitos negativos ao longo de toda escolarização básica do estudante; 2) **pré-requisitos relacionados à prontidão**: a prontidão diz respeito ao fato de o estudante estar preparado para receber e/ou fazer a aula junto com os colegas e com o professor. A prontidão pode ser do próprio aluno, denominada prontidão individual (física, motora, emocional e cognitiva), da família do estudante, ou da própria escola (quadro de professores completo, horários de atividades organizados, estrutura completa, dentre outros aspectos) e 3) **pré-requisitos relacionados à linguagem**: a linguagem, seja ela falada ou escrita, se configura como pré-requisito primordial para a aprendizagem de Matemática, na medida em que é por meio dela que todas as ideias e conceitos matemáticos são comunicados.

A **subcategoria 1.3**, intitulada *Indicadores que se configuram como potencializadores para a aprendizagem de Matemática* trouxe diferentes fatores que podem **impactar positivamente a aprendizagem de Matemática**. Os indicadores provenientes desta subcategoria podem ser agrupados em cinco dimensões distintas, a saber: 1) fatores potencializadores relacionados à **emoção**; 2) fatores potencializadores relacionados à **motivação**; 3) fatores potencializadores relacionados à **atenção**; 4) fatores potencializadores relacionados à **memória**; 5) fatores potencializadores relacionados ao **ambiente/contexto**.

A **emoção** foi apontada como um fator potencializador para a aprendizagem de Matemática. Sendo considerada uma “dimensão invisível” do processo de aprendizagem, é precursora significativa para esse processo. Deve-se considerar tanto as emoções dos estudantes como as do professor. Sugere-se tentar potencializar as emoções positivas em sala de aula e minimizar as emoções negativas, sem, contudo, desconsiderá-las. Parece que o excesso de

emoções positivas com ausência de emoções negativas pode provocar o efeito contrário ao desejado, provocando inativação do estudante.

As emoções possuem relação direta com a idade do indivíduo. Com o avanço da idade, maior a facilidade de o sujeito compreender e conseguir explicar suas emoções. As emoções possuem influência na relação que o estudante estabelece com a própria Matemática e, também, com o professor da disciplina. Assim, quanto melhor forem as relações estudante-disciplina e estudante-professor, mais positivas podem vir a ser as emoções despertadas, tendo influência positiva para a aprendizagem. Sugere-se que o tema das emoções possa ser tratado em sala de aula, ainda que de forma transversal aos conteúdos matemáticos.

Ainda com relação às emoções ao perceberem a importância da tarefa para o seu desenvolvimento cognitivo e acadêmico, os alunos tendem a potencializar emoções positivas. A crença que os alunos possuem de si mesmos – sua autoimagem –, bem como a cultura local, podem ter influência ocorrência de emoções positivas ou negativas, potencializando ou inibindo a aprendizagem.

A ocorrência de emoções positivas pode auxiliar em outros atributos, como por exemplo, a memória e a motivação. Tanto a aquisição de memórias mais profundas e duradouras, como a evocação de memórias podem ser potencializadas quando da ocorrência de emoções positivas em sala de aula, em particular, de Matemática.

Com relação à motivação, parece que a ocorrência de emoções positivas pode motivar o estudante a persistir para o alcance de uma meta, que pode ser a resolução de um problema matemático. Sugere-se que, ao perceberem a importância da tarefa para seu desenvolvimento acadêmico, os alunos tendem a orientar seu comportamento de maneira positiva.

Sugere-se que três fatores podem influenciar as emoções dos estudantes, quais sejam: 1) **fatores biológicos**: relacionam-se com questões orgânicas e fisiológicas individuais de cada sujeito; 2) **experiências passadas**: tanto experiências que causaram emoções positivas como àquelas que causaram emoções negativas tendem a ter influência em novos acontecimentos da vida escolar dos estudantes; e 3) **crenças culturais**: o meio em que o estudante convive e as crenças que possui sobre seu próprio potencial para a aprendizagem de Matemática podem contribuir para moldar suas emoções com relação à esse componente curricular.

Prestar atenção nas **emoções do professor** parece ser crucial para potencializar a aprendizagem de Matemática. Fatores como: 1) sentir-se confortável em seu ambiente de trabalho; 2) realizar aquilo que gosta e que acredita; 3) possuir boas condições para a prática docente; e 4) ter boas relações interpessoais com colegas, são alguns dos aspectos que podem

contribuir com a saúde emocional do docente e, como consequência, potencializar a aprendizagem.

A **motivação** foi outro fator potencializador apontado para a aprendizagem de Matemática. A motivação e a aprendizagem de Matemática guardam uma relação recíproca entre si, ou seja, quanto mais motivado, mais o aluno estará aberto ao aprendizado e, quanto mais consegue aprender, mais se motiva. É por meio desse atributo que o estudante **inicia e mantém um comportamento capaz de fazer com que seja possível a resolução de algum problema matemático**. Entretanto, sugere-se que o professor tenha cuidado com a **carga cognitiva adequada das atividades**. Tarefas muito fáceis ou muito difíceis podem provocar desmotivação dos estudantes. Parece existir um nível adequado de motivação do estudante. Níveis muito baixos podem causar desmotivação e, por consequência, inativação. Ao passo que, níveis muito elevados, podem causar ansiedade e perda de foco na tarefa.

A **recompensa** foi apontada como um possível **fator motivador** do estudante. Entretanto, esse mecanismo deve ser utilizado com parcimônia sob pena dos efeitos desejados não funcionarem. O “tamanho” e “intensidade” da recompensa devem ser proporcionais ao desempenho do estudante, caso o docente opte por utilizar a recompensa.

Além disso, os resultados apontados ainda na subcategoria 1.3 relacionados à **motivação** permitiram a emergência de algumas **atitudes docentes capazes de motivar** os estudantes. Dentre essas atitudes estão: 1) **dar um feedback positivo ao estudante**: ao devolver uma tarefa ou avaliação, o professor pode indicar pontos positivos e pontos que podem ser melhorados; 2) **fornecer atividades com carga cognitiva adequada**: o professor pode ter atenção especial à carga cognitiva das atividades oferecidas aos estudantes, cuidando para que não seja algo muito fácil ou muito difícil; 3) **oferecer atividades que promovam crescimento e cooperação**: o docente pode dar prioridade para tarefas que envolvam trabalhos em grupo, em que os estudantes percebam o seu crescimento e dos colegas; 4) **orientação docente**: é imprescindível que o estudante tenha orientação adequada por parte do professor para que saiba os passos que precisa seguir e qual objetivo necessita atingir.

Por fim, sugere-se que a **motivação** possa ser classificada como **extrínseca** ou **intrínseca**. A primeira, dirige o comportamento do indivíduo para obtenção de objetivos externos, como por exemplo, a compra de um automóvel. E, a segunda, está atrelada ao prazer e ao valor que a tarefa tem para o indivíduo, sem uma recompensa aparente. Sugere-se que os estudantes se motivem de maneira intrínseca.

A **atenção** foi um terceiro fator apontado como potencializador para a aprendizagem de Matemática, além de contribuir para o sucesso em outros domínios, como por exemplo, a

memória. Sugere-se que a atenção é um atributo que pode ser treinado. Percebe-se que, à medida que as tarefas matemáticas vão sendo treinadas e se tornando mais automatizadas, o gasto de energia por partes dos estudantes é cada vez menor, passando-se da atenção sustentada para a atenção dividida. Diferentes atividades podem auxiliar no aprimoramento da atenção.

Quando o objetivo educacional está alinhado com o objetivo do estudante, parece que o processo atencional possa ser potencializado, passando pelas três fases do processo atencional: alerta, orientação e execução. Quanto mais próximo os distratores atencionais estão do alvo, mais atenção o indivíduo estará atento.

Parecem existir **atitudes por parte dos docentes** que podem auxiliar o **recrutamento da atenção** dos estudantes. Algumas dessas ações podem ser: 1) fazer perguntas com relação ao conteúdo que está sendo apresentado; 2) apontar aspectos relevantes do conteúdo; 3) organizar a sala de aula de diferentes modos; 4) utilizar materiais didáticos diversos, que recrutem diferentes órgãos dos sentidos. O nível de atenção dos estudantes parece estar relacionado às características da aula e do professor que leciona o componente curricular.

A quarta dimensão de fatores potencializadores da aprendizagem de Matemática diz respeito ao **ambiente e/ou contexto** em que ocorre tal processo. O modo como a escola e, em particular, a sala de aula está organizada pode potencializar a aprendizagem de Matemática, mesmo que de forma indireta. Os fatores que foram apontados como potencializadores na subcategoria 1.3 – emoção, motivação e atenção – podem ser maximizados, dependendo do contexto da aprendizagem e, de modo mais particular, a forma de organizar a sala de aula.

A **subcategoria 1.4**, intitulada *Indicadores que se configuram como **riscos (inibidores)** para a aprendizagem de Matemática* trouxe diferentes fatores que podem **impactar negativamente a aprendizagem de Matemática**. Acredita-se que, ao atuar na redução de tais fatores, pode-se potencializar a aprendizagem de Matemática. Tais fatores relacionam-se às seguintes dimensões: 1) fatores contextuais; 2) condições dos sujeitos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem; 3) fatores biológicos; 4) fatores pedagógicos e 5) fatores que impedem a aproximação da Neurociência com a Educação Matemática.

Com relação aos fatores contextuais, podem-se citar: incompatibilidade entre os objetivos pessoais e o que é proposto na escola; não ter suas necessidades de segurança atendidas (sentir-se inseguro nos locais que frequenta, como por exemplo, a escola ou o ambiente familiar); não ter suas necessidades sociais atendidas (dificuldade de estabelecer laços afetivos com amigos ou colegas de aula, por exemplo); classe econômica desfavorável (pode impactar na manutenção das necessidades básicas); clima da sala de aula (os estudantes tendem

a ter medo de um ambiente ditador e autoritário, o que pode diminuir a sua participação); ambientes frequentados pelos estudantes: família, escola e comunidade;

Com relação às condições dos sujeitos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem, podem-se citar: emoções dos sujeitos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem, tanto alunos quanto professores: fatores que despertam emoções negativas tanto em estudantes como nos docentes podem ser inibidores para a aprendizagem de Matemática; não ter suas necessidades básicas atendidas (comer, dormir, tomar banho); não ter suas necessidades de autoestima atendidas (aceitar-se com suas qualidades e imperfeições); condições prévias (dificuldade em habilidades numéricas iniciais, dificuldades de leitura); emoções dos estudantes (emoções negativas podem afetar a memória e, por consequência, a aprendizagem de Matemática);

Com relação aos fatores biológicos que podem impactar negativamente na aprendizagem de Matemática podem-se citar: fatores estressores podem diminuir o desempenho da memória de trabalho, indispensável para a aprendizagem de Matemática; nível de Ansiedade Matemática pode diminuir o desempenho em Matemática; necessidade de respeito à individualidade dos estudantes, tanto cognitiva quanto biológica; problemas orgânicos e de saúde (falha no processamento fonológico, problemas de surdez, falta de habilidades visuais, falha na memória de trabalho – em particular, no componente visuoespacial e alça fonológica; qualidade da alimentação do estudante;

Com relação aos fatores pedagógicos, podem-se citar: dificuldade percebida pelos estudantes inerentes à Matemática; estresse excessivo causado por demandas acadêmicas; carga cognitiva inadequada das tarefas; didática do professor: recursos (sugere-se escolher àqueles cuja concepção esteja embasada em fundamentos neurocientíficos; o uso de recursos tecnológicos expositivos pode inibir a aprendizagem de Matemática; sugere-se a exposição dos conteúdos considerando diferentes recursos), estratégias (modo de utilização dos recursos didáticos pelos docentes) e atitudes docentes (atitude autocrática); conteúdos (escolher conteúdos com menor carga simbólica possível).

Por fim, fatores que impedem a aproximação da Neurociência com a Educação Matemática, podem-se citar: divergências entre linguagem e conceitos utilizados entre neurocientistas e educadores matemáticos (por exemplo, o termo memória); falta ou deficiência na comunicação entre as áreas (os conhecimentos neurocientíficos acabam por não chegar às salas de aula); sugere-se a adoção de um quadro de comunicação comum entre as áreas; existência de neuromitos; diferenças na formação e no trabalho exercido por neurocientistas e professores; carência na formação dos professores no que tange a temática da Neurociência

Cognitiva, fazendo com que eles não incluam fundamentos neurocientíficos em seus planejamentos; condições de trabalho e objetivos do ofício de professores e neurocientistas não favorecem a desejada integração entre Neurociências e Educação Matemática.

A categoria de análise 2, intitulada *Indicadores originados da Neurociência e a sua relação com a ação pedagógica*, congregou unidades de sentido que têm relação com achados neurocientíficos que apontam possibilidades de **recursos didáticos, estratégias pedagógicas e atitudes docentes que podem ser utilizados para alavancar a aprendizagem de Matemática**. Ela foi subdividida em três subcategorias de análise, a saber: 2.1) *Recursos didáticos baseados na Neurociência que podem contribuir com a aprendizagem de Matemática*; 2.2) *Estratégias didáticas baseados na Neurociência que podem contribuir com a aprendizagem de Matemática*; e 2.3) *Atitudes docentes que, à luz da Neurociência, podem contribuir com a aprendizagem de Matemática*.

A escolha de materiais didáticos para o ensino de Matemática deve ser intencional, baseada nos objetivos de ensino. A concepção e elaboração de materiais didáticos pode contar com a atuação de outros profissionais, além dos professores, pois esse olhar pode contribuir para a adequação da carga cognitiva das tarefas oferecidas aos estudantes.

Os fundamentos neurocientíficos podem ser utilizados para concepção e elaboração de materiais didáticos em diferentes categorias; sugere-se oferecer materiais que explorem diferentes sentidos, uma vez que diferentes redes neurais podem ser ativadas, favorecendo a plasticidade cerebral; sugere-se a utilização de recursos visuais para a exposição de conteúdos matemáticos; sugere-se optar por materiais que apresentem características lúdicas, como por exemplo, os jogos.

O modo de estruturar uma tarefa pode motivar os estudantes, em função da adequação da carga cognitiva; tarefas que envolvam rima, acróstico e formação de palavras podem potencializar a consciência fonológica e conseqüentemente, a aprendizagem de Matemática, já que esta foi apontada como preditor da aprendizagem de Matemática. Apontaram-se dezenove atividades que podem ser utilizadas para treinamento da memória de trabalho que foi apontada como uma preditora para a aprendizagem de Matemática, além de atividades utilizadas em testes neuropsicológicos, atividades como jogo de memória, caça-palavras, palavras cruzadas, quebra-cabeça, jogo dos erros, dentre outras, podem ser utilizadas para incremento da memória de trabalho. Recursos didáticos como mapas conceituais e diagramas foram apontados como possibilidade de organização e codificação da informação, auxiliando na operacionalidade da memória de trabalho.

Sugere-se, também, utilizar recursos didáticos que exercitem a atenção, em especial, a atenção seletiva. À medida em que a atenção é exercitada, ela passa do tipo sustentada à dividida, o que provoca menor gasto de energia cognitiva. Desse modo, as atividades se tornam mais automatizadas e com menor gasto energético. Apontam-se que a meditação e a utilização de jogos de ação podem exercitar a atenção do estudante.

Sugerem-se, também, atividades que podem exercitar as funções executivas dos estudantes, em particular o controle inibitório, que foi apontado como preditor da aprendizagem de Matemática. Atividades que envolvam comparação de frações e de números decimais, foram apontadas como possibilidades. Tarefas como *stroop* (por exemplo, apresentar a palavra “azul” escrita em “vermelho” e solicitar que os alunos leiam a palavra apresentada) podem contribuir com exercitar o controle inibitório.

Os materiais manipulativos foram apontados como possibilidade para a aprendizagem de Matemática, uma vez que potencializam uma “aprendizagem incorporada”; recursos educativos como *softwares* também foram apontados como potencializadores para a aprendizagem de Matemática, mesmo que não tenham sido desenvolvidos para essa finalidade. Chama-se atenção para que tais recursos sejam utilizados com parcimônia, uma vez que podem inibir a plasticidade, causar dependência e distração. Jogos também foram recursos didáticos apontados como potencializadores da aprendizagem de Matemática. Sugere-se que os jogos podem ter impacto em atributos basais para a aprendizagem de Matemática, tais como a motivação.

A lista de exercícios também foi apontada como possível recurso didático para ser utilizados em aulas de Matemática, ainda que tal recurso esteja mais adequado à uma perspectiva empirista. Contudo, pode-se lançar mão de achados neurocientíficos para elaborar listas de exercícios mais eficientes, tais como: efeito empate, efeito tamanho e efeito ordem. Além disso, propor exercícios em que os estudantes precisem apenas apontar os dados necessários, mas sem resolvê-los pode auxiliar no desenvolvimento do controle inibitório, preditor da aprendizagem de Matemática.

A subcategoria 2.2 intitulada *Estratégias didáticas baseados na Neurociência que podem contribuir com a aprendizagem de Matemática*, congregou unidades de sentido que sugerem estratégias didáticas embasadas em achados neurocientíficos focadas no ensino, visto que as ações pedagógicas ficam a cargo do professor. Inicialmente, aponta-se a necessidade de **diversidade metodológica** visto que ela pode potencializar a plasticidade cerebral. Além disso, a diversidade metodológica permite **exercitar diversas habilidades discentes**, em particular,

àquelas em que os estudantes apresentem menor destreza e que, portanto, precisam ser exercitadas.

Oferecer informações objetivas, completas e organizadas aos estudantes é outra estratégia pedagógica eficiente, visto que ela parece influenciar na motivação dos sujeitos envolvidos no processo. Sugere-se, também, que as **informações sejam oferecidas a partir de diferentes meios**, tais como: mostrar as informações em uma apresentação digital, escrevê-las em um espaço reservado no quadro, explicá-las em voz alta e entregá-las impressas. Parece que **informações oferecidas presencialmente** são mais eficazes do que aquelas oferecidas na modalidade a distância.

O fato de o **professor apontar aspectos-chave do conteúdo** é outro indicador que emergiu da pesquisa. Tal ação pode favorecer a elaboração de esquemas mentais e facilitar a memória, em particular, a evocação de informações. Tal estratégia está embasada na ideia de **cognição incorporada** em que os gestos do professor possuem influência na aprendizagem de Matemática dos estudantes. Foram apontados diferentes tipos de gestos que podem ser realizados pelo docente: icônicos, metafóricos e de ritmo.

Outra estratégia apontada como eficiente refere-se a **dividir o conteúdo em partes menores**. Além disso, **manter uma exposição dialogada, realizando perguntas para os estudantes** durante a aula, parece ser outra estratégia capaz de recrutar a atenção deles. Oferecer uma **lista de exercícios com graus crescentes de dificuldade** foi outra estratégia depreendida a partir do corpus da pesquisa. Sugere-se que a taxa de sucesso deva ficar em torno de 75% para que a carga cognitiva seja considerada adequada e não cause desmotivação nos estudantes. Sugere-se, também, que os exercícios iniciais sejam fáceis para que sejam realizados por todos os estudantes a fim de despertar emoções positivas e tendência para a ação, potencializando a aprendizagem de Matemática.

Estratégias investigativas, que tenham mais foco no processo do que no resultado foram apontadas como estratégias eficientes na aprendizagem de Matemática. A **metodologia de Resolução de Problemas** e a **Pesquisa em Sala de Aula como procedimento metodológico**, são alguns exemplos de como tais estratégias podem ser colocadas em prática.

Além disso, **estratégias que explorem as emoções**, especialmente as positivas, são apontadas como possibilidades para a sala de aula de Matemática, ainda que elas sejam colocadas de maneira transversal no planejamento docente. As **estratégias avaliativas**, bem como os **instrumentos utilizados para avaliar** foram fatores apontados como influenciadores das emoções dos estudantes. Desse modo, sugere-se a **utilização de um repertório variado de instrumentos avaliativos** e a adoção de uma **concepção formativa de avaliação**. Estratégias

assentadas em uma **concepção Construtivista** parecem auxiliar na promoção de emoções positivas, como por exemplo, a Aprendizagem Baseada em Equipes. **Estratégias didáticas que valorizem a experiência concreta**, sobretudo com a utilização de materiais manipulativos, também são apontadas como potencializadoras do ensino de Matemática.

Estratégias didáticas que **valorizam a escrita** foram evidenciadas no decorrer da análise. Do ponto de vista neurocientífico, a escrita recruta redes neurais distintas do que quando teclamos ou desenhamos e isso pode favorecer a plasticidade cerebral. Do ponto de vista pedagógico, atividades metacognitivas, em que o aluno precisa explicar de modo escrito o seu raciocínio, são apontadas como potencializadoras para a aprendizagem de Matemática.

Estratégias de ensino que explorem diferentes sentidos foram apontadas como benéficas para a aprendizagem de Matemática. Assim, estratégias pedagógicas que envolvem a audição (com o uso de músicas ou rimas, por exemplo), o olfato, dentre outras podem contribuir para a aprendizagem. Nesse sentido, **estratégias com alto grau de incorporação** são desejáveis, visto que mente e corpo são indissociáveis. Estratégias que envolvem **repetição** também são desejáveis visto que elas reforçam redes neurais e colaboram para a consolidação de memórias, para que essas se tornem de longo prazo. Desse modo, repetir informações em voz alta, ou utilizar técnicas para simplificar, associar, ou agrupar informações foram apontadas como possíveis estratégias. Explorar **o mesmo conceito matemático por meio de diferentes representações** parecem ser benéfico.

Tendo em vista aspectos biológicos, como por exemplo, a maturação cerebral, sugere-se como possível estratégia, **o deslocamento de determinados conteúdos nas malhas curriculares**, como por exemplo, àqueles que envolvem álgebra podem ser trabalhados em séries subsequentes. Além disso, a adoção de um **currículo individualizado** parece ser uma estratégia potencializadora dos processos de aprendizagem. Por fim, estratégias que envolvam a **interdisciplinaridade** podem favorecer a aprendizagem, na medida em que podem auxiliar aos estudantes perceberem relações entre as áreas de conhecimento.

A subcategoria 2.3 intitulada *Atitudes docentes que, à luz da Neurociência, podem contribuir para a aprendizagem de Matemática*, congrega unidades que sugerem **possíveis ações ou atitudes docentes baseadas na Neurociência que podem intensificar a aprendizagem de Matemática**. Acredita-se que muitas dificuldades apresentadas pelos estudantes em Matemática possam estar relacionadas às práticas educativas inadequadas.

Um primeiro indicador apontado nesta subcategoria refere-se às concepções docentes. Em uma concepção construtivista, o **erro é visto como possibilidade de alavancar o aprendizado**, visto que, a partir dele, é possível revisitar conceitos e elevar o patamar de

conhecimento dos estudantes. Em uma concepção em que o erro é visto como algo punitivo – visão tradicional de avaliação em uma concepção empirista de ensino –, acaba por despertar nos estudantes emoções negativas, tendo impactos não desejados na aprendizagem.

Tentar compreender o estudante em sua totalidade, tendo uma **visão holística do estudante**, parece ser uma atitude adequada por parte dos docentes. Destaca-se a **percepção dos docentes com relação às emoções dos estudantes**, sobretudo aquelas desencadeadas a partir das aulas de Matemática. Os estudantes parecem valorizar o cuidado do professor nesse sentido. Nesse sentido, **incluir a temática das emoções** em sala de aula de maneira transversal parece ser uma atitude docente que pode potencializar a visão holística dos professores perante os estudantes. Atitudes docentes que desencadearam emoções positivas parecem potencializar a aprendizagem de Matemática. Usar o humor com parcimônia, incentivar o estudante com palavras positivas parecem ser atitudes que podem potencializar a aprendizagem.

Refletir sobre a sua própria prática de ensino parece ser outra atitude docente desejável. Sugere-se que professores que refletem sobre sua prática possuem uma visão mais positiva com relação ao seu trabalho, tomam decisões mais inovadoras e sentem-se mais motivados para implementar mudanças. **Fornecer um *feedback* adequado ao estudante** é outro indicador de atitudes docentes adequadas. Equilibrar um *feedback* em pontos positivos e negativos, reconhecer o esforço do estudante e elencar ações que possam ser realizadas por ele são atitudes que podem favorecer a ocorrência de emoções positivas e, conseqüentemente, potencializar a aprendizagem de Matemática.

Outra atitude docente indicada como positiva é a oferecer **instrumentos de avaliação adequados aos estudantes**. Instrumentos com carga cognitiva adequada podem ter influência positiva nas emoções dos estudantes, ao passo que, carga cognitiva inadequada pode levar à desmotivação e ter impactos negativos na aprendizagem.

A **motivação docente** também foi um indicador que emergiu do *corpus* da pesquisa. Perceber um professor motivado pode ter influência nas emoções positivas dos estudantes. **Características intrínsecas do professor** também podem afetar as emoções dos estudantes. Estar aberto a ouvir os estudantes, discutir o seu próprio planejamento, não ter uma atitude egoísta perante os alunos (amabilidade) podem ser algumas dessas características.

Os **gestos realizados pelo professor** também foram apontados como atitudes docentes que podem influenciar a aprendizagem de Matemática. Além dos gestos, as pistas preparatórias foram apontadas como necessárias para recrutar a atenção dos estudantes. **Pistas preparatórias** podem ser entendidas como ações realizadas pelo professor como, por exemplo, falar num tom de voz mais baixo que o usual, apontar para o local onde o aluno deve prestar atenção, fazer

algum gesto, provocar algum estímulo, utilizar algum recurso diferente do habitual, dentre outros mecanismos, antes de apresentar, de fato, aquilo que o aluno precisa aprender.

Por fim, **conhecer fundamentos neurocientíficos** foi outra atitude docente apontada capaz de potencializar a aprendizagem de Matemática dos estudantes. Sugere-se que, ao conhecer fundamentos das Neurociências, o professor tenha possibilidade de incluí-los no seu planejamento e potencializar a aprendizagem dos estudantes, embasado em teoria e achados de pesquisas.

A categoria de análise 3, intitulada *Aspectos biológicos e sua relação com a aprendizagem de Matemática*, congregou unidades de sentido que contemplam **aspectos anatômicos (estrutura) e fisiológicos (funções) do cérebro que estão associadas diretamente à aprendizagem de Matemática ou a algum atributo estruturante para a sua efetivação**. O primeiro conceito biológico que emergiu foi a **plasticidade**, que diz respeito à possibilidade de o cérebro fazer e desfazer conexões neurais, bem como intensificar as já existentes. Duas características estão associadas à plasticidade: ela ser auto-organizada e ocorrer independentemente da idade do sujeito. Sugere-se que o erro é uma possibilidade de o estudante potencializar conexões neurais, assim como exercícios de repetição. Uma aula com diferentes estímulos parece ter influência sobre a plasticidade cerebral.

A plasticidade ocorre entre neurônios, que são as unidades básicas do sistema nervoso. Tais células se comunicam por meio de sinapses que ocorrem em função da liberação ou inibição de substâncias químicas, denominadas neurotransmissores. O correto funcionamento dos neurônios depende de células auxiliares, denominadas células gliais. Dentre os principais neurotransmissores pode-se citar a serotonina e a acetilcolina que estão relacionados, principalmente, à atenção, emoção, motivação e memória.

As emoções, especialmente as emoções positivas, foram apontadas no decorrer da análise como desejáveis para potencializar a aprendizagem de Matemática. Potencializar a dopamina e diminuir as concentrações de monoaminas no organismo podem favorecer estados emocionais positivos. Por sua vez, as catecolaminas, que são um tipo de monoaminas, despertam emoções negativas no organismo. Portanto, a diminuição de sua concentração no organismo é desejada.

O córtex pré-frontal é a região mais recrutada para atividades que envolvem matemática. Deve-se prestar atenção para o fato de que essa estrutura apresenta lenta maturação o que, de certa forma, pode justificar algumas dificuldades dos estudantes com esse componente curricular. Cabe salientar que, quanto mais velho fica o indivíduo, menos o córtex pré-frontal

passa a ser demandado para cálculos matemáticos e o lobo parietal para a realizar essa tarefa, possivelmente, em função da diminuição da carga cognitiva.

A atenção seletiva também foi apontada durante a análise como atributo fundamental à aprendizagem de Matemática. De acordo com dados encontrados no decorrer desta metanálise, a região fronto parietal é a mais recrutada. Ainda que a literatura estabeleça regiões específicas do cérebro associadas à atenção, as diferentes regiões cerebrais agem em colaboração para o pleno funcionamento da atenção.

As emoções também foram apontadas como fator primordial para a aprendizagem. O lobo frontal foi citado como principal região associada às emoções, em particular, o Circuito de Pápez. As estruturas cerebrais que fazem parte do Circuito de Pápez, localizam-se no **lobo occipital, lobo temporal, lobo parietal** e parte inferior do **córtex frontal**. A amígdala, outro órgão relacionado às emoções, encontra-se localizado no lobo temporal.

As funções executivas foram apontadas como possíveis preditoras para a aprendizagem de Matemática. As estruturas responsáveis por elas encontram-se no córtex pré-frontal. Há, basicamente, três circuitos cerebrais responsáveis pelas funções executivas, quais sejam: orbitofrontal: responsável pelo controle inibitório; dorsolateral: responsável pela flexibilidade cognitiva; e medial: responsável monitoramento e avaliação de ações.

Outro aspecto biológico colocado em relevo no decorrer da análise, diz respeito à individualidade biológica de cada estudante. Salienta-se que, embora os mecanismos de ação sejam semelhantes entre todos os seres humanos, os organismos possuem particularidades.

Por fim, a categoria de análise 4, intitulada *As confluências entre as pesquisas neurocientíficas e os processos de ensino e aprendizagem de Matemática*, contempla ideias **relacionadas à pesquisa que envolvesse as áreas de Neurociência e Educação Matemática** e que, de certa forma, podem representar entraves para que a desejada aproximação entre as duas áreas possa acontecer. Optou-se por não dividir essas duas categorias de análise em subcategorias.

Um primeiro ponto divergente entre as pesquisas em Neurociência e Educação Matemática diz respeito à **discordância de significados atribuídos aos conceitos** utilizados. Sugere-se, portanto, a adoção de um quadro conceitual convergente entre as áreas. Além disso, Neurociência e Educação Matemática possuem **objetos e métodos de pesquisa distintos**, fato que configura possível obstáculo para a desejável aproximação entre as áreas. Enquanto a Neurociência se ocupa do estudo do cérebro e do Sistema Nervoso, em um ambiente controlado, muitas vezes fazendo o uso de instrumentos, como por exemplo, a ressonância magnética, a Educação Matemática, ocupa-se dos processos de ensino e aprendizagem, em um ambiente não

controlado, com instrumentos próprios de coleta de dados de pesquisa. Nota-se que as abordagens de pesquisa podem ser distintas, bem como o contexto de ocorrência dos fenômenos estudados.

A **linguagem** foi outro fator de entrave apontado nas pesquisas. Na medida em que os profissionais utilizam uma linguagem própria da sua área, a comunicação de resultados para a comunidade acadêmica em geral acaba sendo prejudicada, provocando pouco impacto nas salas de aula.

A necessidade de **colaboração entre profissionais das duas áreas** foi apontada como fator primordial. Sugere-se que ela possa ocorrer a partir de **projetos interdisciplinares**. Tal colaboração pode fazer emergir novas áreas de conhecimento, por meio de um processo transdisciplinar, cujo principal objetivo é proceder a resolução de questões difíceis, que requerem conhecimento integrado de diferentes áreas de conhecimento. Por fim, sugere-se que há carência na formação inicial de professores no que concerne à Neurociência, embora os professores reconheçam a importância da temática para a sua formação.

O *corpus* de pesquisa permitiu a emergência de **dezessete sugestões de pesquisas futuras**, conforme segue:

- 1) Embora já existam instrumentos neuropsicológicos que avaliem algumas habilidades matemáticas, **sugere-se criar e validar outros instrumentos neuropsicológicos** que permitam avaliar outras habilidades matemáticas que não são alcançadas em testes já existentes, como por exemplo, o Teste de Desempenho Escolar (TDE), em particular, a parte do instrumento que avalia as competências aritméticas dos estudantes;
- 2) A maioria dos instrumentos utilizados para avaliar as Funções Executivas em crianças são adaptações de instrumentos utilizados em adultos. Assim, sugere-se como pesquisa futura o **desenvolvimento de instrumentos para avaliar Funções Executivas especificamente em crianças** (criação e validação);
- 3) Outra sugestão de pesquisa futura associa Funções Executivas com a aquisição de conhecimento matemático de um determinado indivíduo. **Sugere-se que sejam realizados novos estudos que associem o declínio de determinadas Funções Executivas com o aumento/diminuição do conhecimento matemático**;
- 4) Ainda considerando as Funções Executivas, **sugerem-se pesquisas futuras que investiguem o papel das Funções Executivas e das memórias para subsidiar possíveis mudanças em teorias de aprendizagem**. Em outras palavras, sugere-se

explorar de que modo se pode utilizar o conhecimento já obtido referente às Funções Executivas para subsidiar novas teorias pedagógicas;

- 5) Sugerem-se, em outra abordagem, pesquisas com viés quantitativo, cujos resultados podem subsidiar a Educação Matemática. Sugerem-se **investigações que relacionem medidas neurais com novos modelos de aprendizagem**. A obtenção de medidas neurais, levaria à necessidade de diferentes modelos metodológicos de pesquisa;
- 6) No decorrer desta investigação, diferentes autores evidenciaram o papel das emoções para a aprendizagem. Tendo isso em vista, **sugerem-se pesquisas que analisem o impacto do estresse na aprendizagem de Matemática**, bem como **a identificação de fatores que podem influenciar adequada gestão emocional**. Além disso, pode-se realizar pesquisas que provoquem a associação de diferentes tipos de ambientes escolares às emoções dos estudantes, de modo que se possa compreender a maneira como cada ambiente pode impactar as emoções dos indivíduos;
- 7) Almeja-se que resultados das diferentes pesquisas empreendidas tenham impacto na sala de aula. Assim, a pesquisa neurocientífica deve abordar metodologicamente a sala de aula. Isso significa **estabelecer modelos de pesquisa para serem realizados em campo que se aproximem do contexto de sala de aula**;
- 8) A memória de trabalho foi evidenciada como componente fundamental para a aprendizagem de Matemática. Tendo isso em vista, **sugerem-se pesquisas que investiguem quais estratégias de ensino podem fortalecer a memória de trabalho** dos estudantes;
- 9) Diferentes desenhos metodológicos fizeram o uso de pré-teste e pós-teste. **Sugere-se que pesquisas que façam o uso de tais instrumentos sejam aplicadas com períodos maiores entre um e outro** para verificar se as mudanças permanecem por um longo período, o que seria desejável;
- 10) No decorrer desta investigação, evidenciou-se a importância de utilizar diferentes representações para a aprendizagem de um conceito matemático. Sendo assim, **sugerem-se pesquisas com o objetivo de compreender quais representações são mais eficientes para a compreensão de determinado conceito matemático**;
- 11) Muitas pesquisas evidenciaram o papel das emoções dos estudantes para a aprendizagem. **Sugerem-se pesquisas futuras que estudem a influência das emoções do professor** na aprendizagem de Matemática;

- 12) Observou-se que a maioria dos estudos que envolvem atributos da Neurociência Cognitiva possuem abordagem quantitativa e possuem um contexto eminentemente clínico, como por exemplo, a utilização de ressonância magnética para a obtenção de dados. **Sugerem-se como pesquisas futuras que variáveis que guardam relações entre si possam ser testadas empiricamente**, ou seja, em um ambiente o mais próximo possível da sala de aula;
- 13) Com relação às emoções, sugerem-se pesquisas futuras que associem as emoções com diferentes ambientes escolares. A partir destas pesquisas, talvez seja possível estabelecer quais ambientes possivelmente despertam emoções mais positivas nos estudantes;
- 14) No decorrer desta pesquisa evidenciou-se que as Funções Executivas Básicas podem se configurar como preditores para a aprendizagem de Matemática (memória de trabalho, controle inibitório e flexibilidade cognitiva). Em particular, **sugere-se em pesquisa futura, abordar o modo como o controle inibitório influencia as estratégias para operar com números inteiros**;
- 15) Em geral, as pesquisas que associam Neurociências e Educação Matemática, têm como sujeitos de pesquisa crianças consideradas típicas. Tendo esse fato em vista, **sugere-se estudar o desenvolvimento da Matemática em cérebros de crianças atípicas**;
- 16) Sugere-se a necessidade da emergência de uma “**Pedagogia Científica**”, **capaz de ser testada de forma empírica e quantitativa**. Os resultados de muitos estudos emergem em um contexto metodológico muito distinto de uma sala de aula. De certa forma, isso pode provocar um indesejável afastamento entre as áreas de Neurociência e Educação Matemática;
- 17) A maioria das pesquisas que fizeram parte do *corpus* desta investigação tinham como público crianças e adolescentes que frequentam o Ensino Fundamental. Neste sentido, **sugerem-se pesquisas que tenham como participantes o público adulto**.

Cada categoria de análise permitiu a elaboração de um **argumento aglutinador**, de maneira que a combinação desses resulta na tese final aqui defendida. Os argumentos aglutinadores e a tese constam no Esquema 17 a seguir:

Esquema 17 – Argumentos aglutinadores e tese.

ARGUMENTO AGLUTINADOR 1:

Os preditores, pré-requisitos, potencializadores e inibidores são fatores subsidiados pela Neurociência que podem dar suporte ao ensino e à aprendizagem de Matemática. Ao considerá-los, pode-se estruturar um planejamento respaldado por achados neurocientíficos.

**ARGUMENTO AGLUTINADOR 2:**

Os recursos didáticos, as estratégias de ensino e as atitudes docentes são elementos fundamentais da ação docente e podem estar fundamentados pela Neurociência, potencializando a aprendizagem de Matemática.

**ARGUMENTO AGLUTINADOR 3:**

Colocar em relevo aspectos biológicos para que sejam incorporados ao repertório de conhecimento dos professores de Matemática pode fortalecer o planejamento das aulas, baseando-o em conhecimentos neurocientíficos.

**ARGUMENTO AGLUTINADOR 4:**

Colocar em relevo aspectos relacionados à pesquisa e formação docente para que sejam incorporados ao repertório de conhecimento dos professores de Matemática pode fortalecer a aproximação entre Neurociência e Educação Matemática, provocando impacto positivo na aprendizagem.

**TESE**

Os preditores, pré-requisitos, potencializadores e inibidores são fatores subsidiados pela Neurociência que podem dar suporte ao ensino e à aprendizagem de Matemática. Do mesmo modo, os recursos didáticos, as estratégias de ensino e as atitudes docentes são elementos fundamentais da ação pedagógica e podem estar alicerçados pela Neurociência. Além disso, evidenciar aspectos biológicos para que sejam incorporados ao repertório de conhecimento dos professores de Matemática pode fortalecer o planejamento. Por fim, colocar em relevo aspectos relacionados à pesquisa e formação docente para que sejam incorporados ao repertório de conhecimento dos professores de matemática pode fortalecer a aproximação entre Neurociência e Educação Matemática, provocando impacto positivo na aprendizagem deste componente curricular.

Acredita-se que o estudo aqui apresentado tenha trazido diversas contribuições para a área da Educação Matemática. A partir da metanálise realizada, originaram-se indicadores de diferentes dimensões, baseados em conhecimentos neurocientíficos, que podem ser utilizados pelos professores de Matemática para planejamento, acompanhamento e avaliação das suas aulas, possivelmente, potencializando a aprendizagem dos estudantes. Como possibilidade primordial de pesquisa futura, recomenda-se a estruturação de desenhos metodológicos para que os indicadores teóricos aqui apresentados, sejam aplicados em sala de aula.

A pesquisa aqui apresentada, como qualquer processo de investigação, apresenta limitações. A primeira limitação diz respeito às bases de dados que foram utilizadas para a obtenção do corpus. Ainda que a escolha pelas bases Google Acadêmico, *Scopus* e *Web of Science* tenha sido considerada suficiente e adequada para subsidiar o *corpus* para a metanálise aqui apresentada, sabe-se que outras possibilidades seriam possíveis como a inclusão da base *Educational Resources Information Centre* (ERIC), que apresenta foco em produções relacionadas à educação. Incluir tal base na busca de produções, atualizar a metanálise e, conseqüentemente, aprimorar os indicadores aqui apresentados se configura como uma possibilidade futura.

Um segundo ponto limitante diz respeito aos descritores utilizados nas buscas das produções candidatas a fazerem parte do *corpus* de análise, bem como as estruturas de buscas elaboradas a partir deles. Expressões como neuroeducação, neurodidática e neuropedagogia poderiam ter sido incluídas nas buscas e, em consequência disso, outras produções teriam sido encontradas. As conexões estabelecidas entre Educação e Neurociências provocaram a emergência de novas disciplinas e áreas de conhecimento que ainda não têm consenso estabelecido com relação às nomenclaturas que devem ser adotadas, dificultando a elaboração de estruturas de busca.

Um terceiro ponto limitante desta pesquisa diz respeito à possível generalização dos resultados. De acordo com a unidade **A25.23**, “[...] é importante destacar que alguns estudos se referem a disciplinas muito específicas (Inglês, Matemática e Espanhol) do currículo, o que não garante sua extensibilidade às demais disciplinas” (Zafra; Rodríguez; Ruíz, 2019, p. 16). Destaca-se, portanto, que os resultados apresentados neste relatório são relacionados à disciplina de Matemática, uma vez que o *corpus* foi selecionado considerando este foco. A aplicação dos resultados a outros componentes curriculares fica condicionado à adequação pelo docente que deseja fazer uso dos indicadores. Ao concluir essa pesquisa, espera-se que os indicadores aqui expostos possam subsidiar os professores de Matemática, em particular da

Educação Básica, para que planejem e executem aulas cada vez mais focadas na efetiva aprendizagem dos estudantes.

REFERÊNCIAS

- ALDOUS, C. R. Attending to feeling: Productive benefit to novel mathematics problem-solving. **International Education Journal**. Sidney (Austrália), v. 7, n. 4, p. 410-422, 2006.
- ALVARENGA, K. B. Contribuições das neurociências para a educação matemática. In: CONVIBE-FORPRO. 1, 2019, Natal. **Anais...** Natal: UFRN, 2019. p. 91-102.
- ALVAREZ, A.; LEMOS, I. C. Os neurobiomecanismos do aprender: a aplicação de novos conceitos no dia-a-dia escolar e terapêutico. **Revista Psicopedagogia**. São Paulo, v. 23, n. 71, p. 181-190, 2006.
- AMARAN, M. S.; BAKAR, A. Y. A. We feel, therefore we memorize: understanding emotions in learning mathematics using neuroscience research perspectives. **Universal Journal of Educational Research**. Califórnia (Estados Unidos), v. 8, n. 11B, p. 5943-5950, 2020.
- ANZELIN, I.; MARÍN-GUTIÉRREZ, A.; CHOCONTA, J. Relación entre la emoción y los procesos de enseñanza aprendizaje. **Sophia**. Bogotá (Colômbia), v. 16, n. 1, p. 48-64, jan./jun., 2020.
- ARBOLEDA, D. B.; HUAMÁN, M. C. Revisión sistemática sobre educación en la afectividad en jóvenes. **Hacer Revista de Investigación y Cultura**. Chiclayo-Lambayeque (Perú), v. 11, n. 1, p. 61-71, jan./mar. 2022.
- AVILA, L. A. B.; LARA, I. C. M.; LIMA, V. M. R. Intervenções psicopedagógicas e discalculia do desenvolvimento: uma revisão sistemática da literatura. **Educação Especial**. Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 1-21, jan./dez. 2016.
- BAGGETTA, P.; ALEXANDER, P. A. Conceptualization and operationalization of executive function. **Mind, Brain, and Education**, v. 10, n. 1, p. 10-33, 2016.
- BALANCHO, M. J.; COELHO, F. **Motivar os alunos - criatividade na relação pedagógica: conceitos e práticas**. Lisboa: Texto Editora, 1996.
- BARROS, P. M.; HAZIN, I. Avaliação das funções executivas na infância: revisão dos conceitos e instrumentos. **Psicologia em Pesquisa**. Juiz de Fora/MG, v. 7, n. 1, p. 13-22, 2013.
- BARROSO, J. *et al.* The challenges of searching for and retrieving qualitative studies. **Western journal of nursing research**, v. 25, n. 2, p. 153-178, 2003.
- BEAR, M.; CONNORS, B.; PARADISO, M. **Neurociências: Desvendando o sistema nervoso**. Porto Alegre: Artmed, 2008.
- BECKER, F. Modelos Pedagógicos e Modelos Epistemológicos. In: **Educação e construção do conhecimento**. Porto Alegre: ARTMED, 2001.
- BICUDO, M. A. V. Meta-análise: seu significado para a pesquisa qualitativa. **Revista Eletrônica de Educação Matemática**. Florianópolis, v. 9, edição temática, p. 7-20, 2014.

- BLAKEMORE, S.; BUNGE, S. A. At the nexus of neuroscience and education. **Developmental Cognitive Neuroscience**. Pennsylvania (Estados Unidos), v. 2, n. 1, p. 51-55, 2012.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 2010.
- BORGES, T. D. B. **Indicadores qualitativos da argumentação dialógica e educação pela pesquisa no ensino de ciências**. 2021. 193 f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemática) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.
- BORGES, T. D. B; LIMA, V. M. R. Desvendando a educação pela pesquisa na prática. In: **O entrelaçar das pesquisas com as práticas pedagógicas: notas sobre o ensino de Ciências da Natureza e da Matemática na educação básica**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2022. p. 21-41.
- BORNEMANN, B. *et al.* Mathematical cognition: individual differences in resource allocation. **ZDM**, v. 42, n. 6, p. 555-567, 2010.
- BORUCHOVITCH, E. **A motivação do aluno**. Rio de Janeiro: Vozes, 2009.
- BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). **Censo da Educação Superior - Notas Estatísticas 2017**. Brasília: 2018.
- BRERETON, P. *et al.* Lessons from applying the systematic literature review process within the software engineering domain. **Journal of systems and software**, v. 80, n. 4, p. 571-583, 2007.
- BROADBENT, D. E. **Perception and communication**. London: Elsevier, 1958.
- BRUER, J. T. Education and the brain: a bridge too far. **Educational Researcher**, v. 26, n. 8, p. 4-16, 1997
- CAMBEROS, D. I. M.; MORA, E. M.; RAMÍREZ, S. P.; VALBUENA, L. P. A. Revisión sistemática: implicaciones de la memoria de trabajo em el neurosesarrollo y el aprendizaje. **Revista Iberoamericana de Educación**. Madrid (Espanha), v. 3, n. 4, p. 121-159, out./dez., 2020.
- CARVALHO, F. A. H. Neurociências e educação: uma articulação necessária na formação docente. **Trabalho, Educação e Saúde**. Rio de Janeiro, v. 8, n. 3, p. 537-550, 2011.
- CASTRO, M. L. S. Metodologia da Pesquisa Qualitativa: Revendo as ideias de Egon Guba. In: ENGERS, M. E. A. (Org.). **Paradigmas e Metodologias da Pesquisa em Educação: Notas para Reflexão**. 1. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1994. Cap. 6, p. 53-64.
- CECCHINO, N. J. Google scholar. **Journal of the Medical Library Association: JMLA**, v. 98, n. 4, p. 320, 2010.

CHAMIZO, M. A; URBINA, G. N. R. Cerebro y comportamiento: uma revisión. **Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento**. Córdoba (Argentina), v. 4, n. 2, p. 75-89, ago., 2012.

CHAKUR, C. R. S. L. **A desconstrução do construtivismo na educação: crenças e equívocos de professores, autores e críticos**. São Paulo: Editora UNESP Digital, 2015.

CLESAR, C.T.S. **Do presencial ao “novo presencial”: construções e ressignificações pedagógicas realizadas pelos professores formadores de futuros docentes de matemática no período pandêmico da COVID-19**. Tese (Doutorado em Educação) – Escola de Humanidades, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 225f. 2022.

CORRÊA, J. Funções executivas e aprendizagem. In: **Neurociência e carreira docente**. Rio de Janeiro: Wak editora, 2019. p. 49-60.

CORSO, H. V.; DORNELES, B. V. Senso numérico e dificuldades de aprendizagem na matemática. **Revista Psicopedagogia**. São Paulo, v. 27, n. 83, p. 298-309, 2010.

CORSO, H. V.; SPERB, T. M.; JOU, G. I.; SALLES, J. F. Metacognição e funções executivas: Relações entre os conceitos e implicações para a aprendizagem. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**. Brasília, v. 29, n. 1, p. 21-29, 2013.

COSENZA, R. M.; GUERRA, L. B. **Neurociência e educação: como o cérebro aprende**. Porto Alegre: Artmed, 2011.

COSTA, D. I.; AZAMBUJA, L. S.; BUCHWEITZ, A. Entendendo o desenvolvimento do cérebro da criança: cérebro e cognição. In: NUNES, M. L.; COSTA, J. C. da; SOUZA, D. G. (orgs.). **Entendendo o funcionamento do cérebro ao longo da vida**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2021. p. 37-58.

COSTA, J. F. S. da; LIMA, V. M. R. A aprendizagem baseada em equipes para o ensino de matemática em cursos superiores. In: **Anais VI CONEDU...** Campina Grande: Realize Editora, 2019. p. 1-10.

COSTA; J. F. S.; LIMA, V. M. R.; BIEMBENGUT, M. S. Percepção espacial de uma pessoa com cegueira: das interações e das vivências. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v.16, p. 1-20, 2023.

COSTA, J. F. S. *et al.* Uso dos softwares de autoria na elaboração de recursos didáticos para a formação de professores. **Revista Eletrônica de Educação (UFSCar)**. São Carlos, v. 14, jan./dez. p. 1-14. 2020.

COSTA, J. F. S. **O uso de softwares de autoria na Educação de Jovens e Adultos: percepção de futuros professores**. 2019. 99 f. Trabalho de conclusão de curso (Especialização) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

COSTA, J. F. S. **Percepção espacial de deficiente visual por meio da modelagem matemática**. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Faculdade de Física, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 170f. 2014.

COSTA, J. F. S. **Oficina de números positivos e negativos: possibilidades para aprender matemática**. Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em Matemática) – Instituto de Matemática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 102f. 2011.

CRESWELL, J. W. **Investigação qualitativa e projeto de pesquisa**: escolhendo entre cinco abordagens. Porto Alegre: Penso, 2014.

CRUZ, G. R.; LIMA, M. R.; NASCIMENTO, S. S. Jogos eletrônicos na formação de professores: uma revisão sistemática no portal de periódico da capes. **Teoria e Prática da Educação**. v. 23, n. 2, p. 117-141, 2020.

DAL-FARRA, R. A.; LOPES, P. T. C. Métodos mistos de pesquisa em educação: pressupostos teóricos. **Nuances**: estudos sobre Educação, v. 24, n. 3, p. 67-80, 2013.

DAMÁSIO, A. R. **Em busca de Espinosa**: prazer e dor na ciência dos sentimentos. São Paulo: Editora Companhia das Letras, 2004.

DANTE, L. R. **Didática da resolução de problemas de matemática**. São Paulo: Ática, 2005.

DEMO, P. **Pesquisa e construção do conhecimento**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1994.

DE-NARDIN, M. H.; SORDI, R. Aprendizagem da atenção: uma abertura à invenção. **Revista Semestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional (ABRAPEE)**, v. 13, n. 1, p. 97-106, jan./jun., 2009

DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. **Planejamento da pesquisa qualitativa**: teorias e abordagens. 2. ed. Porto Alegre: ARTMED, 2006.

DEUTSCH, J. A.; DEUTSCH, D. Attention: Some theoretical considerations. **Psychological review**, v. 70, n. 1, p. 80-90, 1963.

DEVIS, C.; SILVA, M. A. S.; ESPOSITO, Y. L. Papel e o valor das interações sociais em sala de aula. **Cadernos de pesquisa**. n. 71, p. 49-54, 1989.

DIAS, C.; CRUZ, J. F.; FONSECA, A. M. Emoções: passado, presente e futuro. **Psicologia**. Lisboa, v. 22, n. 2, p. 11-31. Edições Colibri, 2008.

DIAS, J. G. R.; SANTANA, A. N.; SILVA, J. B.; LAUTERT, S. L. Avaliação psicológica e neuropsicológica em matemática: análise de publicações científicas (2013-2019). **Avaliação Psicológica**. v. 20, n. 1, p. 23-32, 2021.

DIAS, N.; SEABRA, A. G. Funções executivas: desenvolvimento e intervenção. **Temas sobre Desenvolvimento**. São Paulo, v. 19, n. 107, p. 206-212, 2013.

DOMMETT, E. J.; DEVONSHIRE, I. M.; SEWTER, E.; GREENFIELD, S. A. The impact of participation in a neuroscience course on motivational measures and academic performance. **Trends in Neuroscience and Education**. Leimgrubenweg (Alemanha), v. 2, n. 1, p. 122-138.

DUARTE, R. M. **Interface cérebro máquina híbrida utilizando amplificador EEG de baixo custo**. 2015. 79 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Eletrônica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

ESTEVINHO, M. F.; SOARES-FORTUNATO, J. M. Dopamina e receptores. **Revista Portuguesa de Psicossomática**. Porto, v. 5, n. 1, p. 21-31, jun. 2003.

FAGUNDES, L. C. **Materiais manipulativos no ensino de matemática a crianças de 7 a 14 anos – período das operações concretas**, 1977. Palestra proferida no Seminário Nacional sobre recursos audiovisuais no ensino de 1º grau. Departamento de Ensino Fundamental – MEC, Brasília, Jun./1997.

FARDO, M. L. **A Gamificação Como Estratégia Pedagógica: Estudo de Elementos dos Games Aplicados em Processos de Ensino e Aprendizagem**. 104 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Educação. Caxias do Sul, 2013.

FARSANI, D.; BREDÁ, A.; SEBASTIÁ, G. S. ¿Cómo los gestos de los maestros afectan a la atención visual de las estudiantes durante el discurso matemático? **REDIMAT** – Journal of Research in Mathematics Education. Lisboa, v. 9, n. 3, p. 220-242, 2020.

FEILER, J. B.; STABIO, M. E. Three pillars of educational neuroscience from three decades of literature. **Trends in Neuroscience and Education**. Leimgrubenweg (Alemanha), v. 13, n. 1, p. 17-25, 2018.

FERREIRA, H. S; GONÇALVES, T. O.; LAMEIRÃO, S. V. O. C. Aproximações entre neurociências e educação: uma revisão sistemática. **Revista Exitus**. Santarém/PA, v. 9, n. 3, p. 636-662, jul./set 2019.

FERREIRA, R. A.; TENÓRIO, R. M. A construção de indicadores de qualidade no campo da avaliação educacional: um enfoque epistemológico. **Revista Lusófona de Educação**, v. 15, n. 15, 2010.

FILIPIN, G. E. *et al.* POPNEURO: Relato de um Programa de Extensão que busca divulgar e popularizar a neurociência junto a escolares. **Revista Brasileira de Extensão Universitária**, v. 6, n. 2, p. 87-95, jul./dez., 2015.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. Tradução de: Joice Elias Costa. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FLOR, C. M. Contribuições de estudos empíricos da neurociência educacional às práticas educativas no período entre 2008 a 2013: revisão sistemática. **Alethéia**. Canoas/RS, v. 50, n. 1-2, p. 123-131, jan./dez. 2017.

FOLLMER, C.; NETTO, H. J. C. B. Fármacos multifuncionais: monoamina oxidase e α -sinucleína como alvos terapêuticos na doença de Parkinson. **Química Nova**. São Paulo, v. 36, n. 2, p. 306-313, 2013).

- FONSECA, V. da. Importância das emoções na aprendizagem: uma abordagem neuropsicopedagógica. **Revista Psicopedagogia**. São Paulo, v. 33, n. 102, p. 365-384, 2016.
- FONTANA, M. J.; FÁVEROO, A. A. Professor reflexivo: uma integração entre teoria e prática. **Revista de Educação do IDEAU**. Getúlio Vargas/RS, v. 8, n. 17, p. 1-15, jan./jun., 2013.
- FORTUNA, T. Vida e morte do brincar. In: ÁVILA, I. S. (org.) **Escola e sala de aula: mitos e ritos**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004. p. 47-59.
- FREITAS, Gabriela Castro Menezes de. **Sobre a consciência fonológica. Aquisição fonológica do português: perfil de desenvolvimento e subsídios para terapia**. Porto Alegre: Artmed, p. 179-92, 2004.
- FREITAS, J. P.; OLIVEIRA G. P. Avaliação da aprendizagem e a constatação do erro do aluno referente ao valor posicional do número: uma revisão de literatura. **Revista de Produção Discente em Educação Matemática**. São Paulo, v. 11, n. 2, p. 17-30, 2022.
- GALLE, L. A. V. **Estudo sobre as perguntas dos estudantes em sala de aula de ciências: metanálise de artigos em periódicos – 2008 a 2019**. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemática) – Escola Politécnica, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 296f. 2021.
- GAZZANIGA, M. S.; HEATHERTON T. F. **Ciência Psicológica: mente, cérebro e comportamento**. Porto Alegre: Artmed, 2005.
- GLASS, G. Primary, secondary, and meta-analysis of research. **Educational Researcher**, v. 5, n. 10, p. 3-8, 1976.
- GLASER, B. G.; STRAUSS, A. L. **The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research**. New York: Aldine de Gruyter, 1967.
- GRANT, J. G.; SIEGEL, L. S.; D'ANGIULLI. From schools to scans: a neuroeducational Approach to comorbid math and reading disabilities. **Frontiers in Public Health**. United Kingdom (Londres), v. 8, n. 1, p. 1-25, 2020.
- GUEDES, D. F.; BLANCO, M. B.; NETO, J. C. Discalculia: uma revisão sistemática de literatura nas produções brasileiras. **Educação Especial**. Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 1-16, jan./dez. 2016.
- GÜNTHER, H. Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: esta é a questão? **Psicologia: teoria e pesquisa**, v. 22, p. 201-209, 2006.
- GUSENBAUER, M; HADDAWAY, N. R. Which academic search systems are suitable for systematic reviews or meta-analyses? Evaluating retrieval qualities of Google Scholar, PubMed, and 26 other resources. **Research Synthesis Methods**. 2020, 11, 181–217.
- HARDRÉ, P. Motivation for math in rural schools: student and teacher perspectives. **Mathematics Education Research Journal**. Sidney (Austrália) v. 23, n. 1, p. 213-233, 2011.

HARRIS, P. L. **Criança e emoção**: O desenvolvimento da compreensão psicológica. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

HERCULANO-HOUZEL, S. **O cérebro nosso de cada dia**: descobertas da neurociência sobre a vida cotidiana. 2. ed. Rio de Janeiro: Vieira & Lent, 2002.

HERNANDEZ, F.; VENTURA, M. **A organização do currículo por projetos de trabalho**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

HOFFMANN, J. **Avaliação – Mito e desafio: uma perspectiva construtivista**. Porto Alegre: Mediação, 2005.

HUIZINGA, J. **Homo Ludens**. São Paulo: Perspectiva, 2000.

INOCENTE, C. O. *et al.* Os efeitos da privação do sono em indivíduos jovens e adultos: o desempenho cognitivo, atenção sustentada e direção de automóveis. **Revista Neurobiologia**, v. 2, n. 72, p. 89-100, 2009.

IZQUIERDO, I. A. *et al.* Memória: Tipos e mecanismos – achados recentes. **Revista USP**. São Paulo, v. 1, n. 98, p. 9-16, jun./jul./ago. 2013.

JAEGGI, S. M.; SHAH, P. Neuroscience, learning, and educational practice—challenges, promises, and applications. **AERA Open**. Washington (Estados Unidos), v. 4; n. 1, p. 1-5, 2018.

JANNUZZI, P. M. Considerações sobre o uso, mau uso e abuso dos indicadores sociais na formulação e avaliação de políticas públicas municipais. **Revista de Administração Pública**, v. 36, n. 1, p. 51 a 72, 2002.

JELINEK, K. R. **Jogos nas aulas de matemática** : brincadeira ou aprendizagem? O que pensam os professores?. 2005. 147 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Matemática) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

KANDEL, E. *et al.* **Princípios de Neurociências**. Tradução: Ana Lúcia Severo. 4. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.

LEAL, P. H.; REALI, A. M. M. R. Indicadores de desenvolvimento profissional da docência: construção, avaliação e usos. **Estudos em Avaliação Educacional**, v. 26, n. 61, p. 82-122, 2015.

LEE, K. *et al.* Computing solutions to algebraic problems using a symbolic versus a schematic strategy. **ZDM**, v. 42, n. 6, p. 591-605, 2010.

LEIS, H. R. Sobre o conceito de interdisciplinaridade. **Cadernos de Pesquisa Interdisciplinar em Ciências Humanas**. v. 1, n. 73, p. 1-23, 2005.

LEZAK, M. D. The problem of assessing executive functions. **International journal of Psychology**, v. 17, n. 1-4, p. 281-297, 1982.

LIMA, P. V. P. de *et al.* Brasil no Pisa (2003-2018): reflexões no campo da matemática. **Tangram** – Revista de Educação Matemática, v. 3, n. 2, p. 3-26, 2020.

LIMA, V. M. R.; RAMOS, M.; GESSINGER, R. Metanálise dos processos analíticos presentes em dissertações de um programa de pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática. **Indagatio Didactica**. Aveiro. v. 6, n. 3, p. 125-139, 2014.

LIMA, R. F. de. Compreendendo os mecanismos atencionais. **Revista Ciências e Cognição**. Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 113-122, 2005.

LIMA, V. M. R.; RICHTER, L. Metanálise como possibilidade para a pesquisa na área da educação. In: LIMA, V. M. R.; HARRES, J. B. S.; PAULA, M. C. de (org.) **Caminhos da pesquisa qualitativa no campo da educação em ciências**: pressupostos, abordagens e possibilidades. 1. ed. Porto Alegre: Edipucrs, 2017. p. 127-133.

LINCOLN, Y. S.; GUBA, E. G. **Naturalistic inquiry**. Sage Publications, 1985.

LOPES, A. L. M.; FRACOLLI, L. A. Revisão Sistemática de Literatura e Metassíntese Qualitativa: considerações sobre sua aplicação na pesquisa em enfermagem. **Texto Contexto Enfermagem**, v. 17, n. 4, p. 771-778, out./dez. 2008.

LOURENÇO, A. A.; PAIVA, M. O. A de P. A motivação escolar e o processo de aprendizagem. **Revista Ciências e Cognição**, v. 15, n. 2, p. 132-141, 2010.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. **Pesquisa em Educação**: abordagens qualitativas. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1986.

MARESCHAL, D. The neuroscience of conceptual learning in science and mathematics. **Current Opinion in Behavioral Sciences**. Michigan (Estados Unidos), v, 10, n. 1, p. 114-118, 2016.

MARTÍN-LOBO, P.; MUELAS, A.; MARTÍNEZ, I.; PRADAS, S.; MAGREÑÁN, A. A study of 16 years old student learning strategies from a neuropsychological perspective: na intervention proposal. **Trends in Neuroscience and Education**. Leimgrubenweg (Aleménha) v. 1, n. 2, p. 1-43, 2018.

MARTINI, M. L.; BORUCHOVITCH, E. **A teoria da atribuição de causalidade**: contribuições para a formação e atuação de educadores. São Paulo: Alínea, 2004.

MASLOW, A. H. **A Theory of Human Motivation**. Nova Deli: General Press, 2019.

MAURI, T. O que faz com que o aluno e a aluna aprendam os conteúdos escolares. In: COLL, C. *et al.* (Orgs.). **O construtivismo na sala de aula**. Ática, 1996. p. 79-122.

MEDRANO, J.; PRATHER, R. Rethinking executive functions in mathematical cognition. **Journal of Cognition and Development**. Virgínia (Estados Unidos), v. 24, n. 2, p. 280-295, 2023.

MENON, V. Developmental cognitive neuroscience of arithmetic: implications for learning and education. **ZDM**, v. 42, n. 6, p. 515-525, 2010.

- MINAYO, M. C. de S. Construção de indicadores qualitativos para a avaliação de mudanças. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 33, p. 83-91, 2009.
- MYKLEBUST, H. R; JOHNSON, D. J. Dyslexia in Chindren. **Exceptional Children**, p. 14-25, 1962.
- MIRANDA, M. M. M.; BUILS, R. F.; ROQUETA, C. A. Revisión sistemática del efecto de las funciones ejecutivas en el rendimiento académico. **Ágora de Salut**. Castelló de la Plana (Espanha), v. 7, n. 1, p. 205-215, 2020.
- MIRAS, M. Um ponto de partida para a aprendizagem de novos conteúdos: os conhecimentos prévios. In: COLL, C. *et al.* (Orgs.). **O construtivismo na sala de aula**. Ática, 1996. p. 57-77.
- MORAES, R.; GALIAZZI, M. do C. **Análise Textual Discursiva**. Rio Grande: Unijui, 2011.
- MORAES, R.; GALIAZZI, M. C.; RAMOS, M. G. Pesquisa em sala de aula: fundamentos e pressupostos. In: MORAES, R.; LIMA, V. M. do R. (Org.). **Pesquisa em sala de aula: tendências para a educação em novos tempos**. 3. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2012, v. único, p. 11-20.
- MOREIRA, C. Neurónio. **Revista de Ciência Elementar**, v. 1, n. 1, 2013.
- MOHAMMED, M. A.; MOLES, R. J.; CHEN, T. F. Meta-synthesis of qualitative research: the challenges and opportunities. **International Journal of Clinical Pharmacy**. v. 38, n. 1, p. 695-704, 2016.
- MOURA-SILVA, M. G.; NETO, J. B. T. GONÇALVES, T. O. Bases neurais da ansiedade matemática: implicações para o processo de ensino-aprendizagem. **BOLEMA**. Rio Claro/SP, v. 34, n. 66, p. 246-267, abr. 2020.
- MOURÃO JUNIOR, C. A.; FARIA, N. C. Memória. **Psicologia Reflexão e Crítica**. Porto Alegre, v. 28, n. 4, p. 780-788, out./dez. 2015.
- MURRAY, E. **Motivação e emoção**. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1986.
- MUTLU, Y.; AKGUN, L. Using computer for developing arithmetical skills of students with mathematics learning difficulties. **International Journal of Research in Education and Science**. Leiden (Países Baixos), v. 5, n. 1, p. 236-251, 2019.
- NASCIMENTO, S. C. B.; SILVA, J. D. Resolução de problemas matemáticos como alternativa para o desenvolvimento cerebral e fortalecimento da saúde mental: uma revisão bibliográfica. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**. v. 12, n. 10, p. 1-7, 2020.
- NETTO, T. M.; FONSECA, R. P.; LANDEIRA-FERNANDEZ, J. Reabilitação da memória em idosos com queixas mnemônicas e sintomas depressivos: estudo piloto não controlado. **Estudos de Psicologia**. v. 17, n. 2, p. 161-169.

NORMAN, D. A.; SHALLICE, T. Attention to action: Willed and automatic control of behavior, 1986. In: SCHWARTZ, G.E.; SHAPIRO, D. (Eds.). **Consciousness and self-regulation**. New York: Plenum Press, 1986. p. 1-18.

NÓVOA, A. **Desafios do trabalho do professor no mundo contemporâneo**. Curitiba (Paraná): SINPRO-PR, 2006. Palestra. Disponível em: <http://www.gestaoescolar.diaadia.pr.gov.br/modules/video/showVideo.php?video=12894>. Acesso em 21 jun. 2022.

NUNES, M. L.; COSTA, J. C.; SOUZA, D. G. **Entendendo o funcionamento do cérebro ao longo da vida**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2021.

OBERSTEINER, A. *et al.* Bringing brain imaging to the school to assess arithmetic problem solving: chances and limitations in combining educational and neuroscientific research. **ZDM**, v. 42, n. 6, p. 541-554, 2010.

OLIVEIRA, G. G. de. Neurociências e os processos educativos: um saber necessário na formação de professores. **Revista Educação Unisinos**. São Leopoldo, v. 18, n. 1, p. 13-24, jan./abr. 2014.

OLIVEIRA, M. F.; NEGREIROS, J. G. M.; NEVES, A. C. Condicionantes da aprendizagem de matemática: uma revisão sistemática da literatura. **Educação e Pesquisa**. São Paulo, v. 41, n. 4, p. 1023-1037, out./dez. 2015.

PACHECO, P. V. **A influência do fator neurotrófico derivado do cérebro e dos exercícios físicos sobre a neuroplasticidade após acidente vascular encefálico**. 2009. 55 p. Trabalho de conclusão de curso (Especialização) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

PÉREZ-PUELLES, L. G. Neurociencia educacional: um nuevo desafio para los educadores. **Didascalía: didáctica y educación**. Las Tunas (Cuba), v. 12, n. 2, p. 157-173, abr./jun. 2021.

PEZZATTI, L.; EDELSZTEIN, V.; HERMIDA, M. J. El aprendizaje de la matemática en la Argentina y su relación con las ciencias cognitivas : oportunidades y desafíos. **Estudios de Psicología**. Fundación Infancia y Aprendizaje (Espanha), v. 41, n. 2, p. 1-26, 2020.

PFROMM, S. N. **Psicologia da aprendizagem e do ensino**. São Paulo: EPU, 1987.

PIETTE, C.; TOUBOUL, J.; VENANCE, L. Engrams of fast learning. **Frontiers in Cellular Neuroscience**. Reino Unido (Londres), v. 14, n. 1, p. 1-11, 2020.

PINHEIRO, M. Fundamentos de neuropsicologia: o desenvolvimento cerebral da criança. **Revista Vita et Sanitas**, v. 1, n. 1, p. 34-48, 2007.

PINTO, C. M. Metanálise qualitativa como abordagem metodológica para pesquisas em letras. **Atos de Pesquisa em Educação**, v. 8, n. 3, p. 1033-1048, set./dez. 2013.

PINTO, C. M. **Metanálise qualitativa de investigação brasileira sobre letramento digital na formação de professores de línguas do RS**. 2015. 169 f. Tese (Doutorado em Letras) – Universidade Católica de Pelotas, Pelotas, 2015.

POWELL, A.; BAIRRAL, M. **A escrita e o pensamento matemático: interações e potencialidades**. São Paulo: Papirus Editora, 2014.

PRANKUTE, R. Web of Science (WoS) and Scopus: The Titans of Bibliographic Information in Today's Academic World. **Publications** 2021, 9, 12. <https://doi.org/10.3390/publications9010012>

PREUSSE, F. *et al.* Long-term characteristics of analogical processing in high-school students with high fluid intelligence: an fMRI study. **ZDM**, v. 42, n. 6, p. 635-647, 2010.

PUEBLA, R.; TALMA, M. P. Educación y neurociencias: la conexión que hace falta. **Estudios Pedagógicos**. Valdivia (Chile), v. 37, n. 2, p. 379-388, 2011.

PUHL, C. S.; DIAS, T. M. J. Ansiedade: um tema investigado por estudantes do Ensino Fundamental. In: LIMA, V. M. R; COSTA, J. F. S.; VASCONCELOS, E. S. **O entrelaçar das pesquisas com as práticas pedagógicas: notas sobre o ensino de Ciências da Natureza e da Matemática na educação básica**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2022. p. 133-148.

RABELO, J. S. A neurociência na pesquisa e na formação de professores: uma revisão sistemática. **Revista Cocar**. Belém do Pará/PA, v. 17, n. 35, p. 1-16, 2022.

RAMOS, D. K. *et al.* A atenção dos alunos em sala de aula: um estudo com professores do Ensino Fundamental. **Revista Práxis Educacional**, v. 15, n. 33, p. 320-337, jul./set. 2019.

RIBEIRO, S. Tempo de cérebro. **Estudos Avançados**. São Paulo (Brasil), v. 27, n. 77, p. 7-22, 2013.

RICHTER, L. **Aproximações entre neurociência e educação: algumas considerações a partir de metanálise qualitativa**. 2018. 310 f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

RIESGO, R. S. Anatomia da aprendizagem. Anatomia da aprendizagem. In: ROTTA, N. T; OHLWEILER, L.; RIESGO, R. S. **Transtornos da aprendizagem: Abordagem neurobiológica e multidisciplinar**, Porto Alegre: Artmed 2016. Cap 2. p. 9-27.

ROAZZI, A. *et al.* O que é emoção? Em busca da organização estrutural do conceito de emoção em crianças. **Psicologia Reflexão e Crítica**. Porto Alegre, v. 24, n. 1, p. 51-61, 2011.

RODRIGUES, F. A. A. Córtex pré-frontal: a inteligência orchestra a vida e determina o comportamento e personalidade. **Ciência Latina Revista Multidisciplinar**. México, v. 6, n. 3, p. 4526-4534, 2022.

SÁNCHEZ, J. Cómo realizar una revisión sistemática y un meta-análisis. **Child Abuse and Neglect**, N. 72, p. 360–369, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.chiabu.2017.08.025>

SANDELOWSKI M.; DOCHERTY, S., EMDEN, C. Qualitative Metasynthesis: issues and techniques. **Research in nursing & health**, v. 20, n. 4, p. 365-371, 1997.

SANTOS, F. S. *et al.* Sequência didática fundamentada na neurociência para o ensino de genética. **Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias**. Espanha, v. 19, n. 2, p. 359-383, 2020.

SANTOS, M. R. **O conhecimento de neurociência cognitiva e a valorização por professores de cursos de licenciatura da área de ciências da natureza**. 80 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Escola de Ciências, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

SCHRAG, F. Education and neuroscience: what kind of marriage? **Cortex**. Edinburgh (Reino Unido), v. 47, n. 9, p. 1066-1067, 2011.

SHIAVON, B.; VIOLA, T. W.; GRASSI-OLIVEIRA, R. Modelos Teóricos sobre constructo único ou múltiplos processos das funções executivas. **Revista Neuropsicologia Latinoamericana**, v. 4, n. 2, p. 29-34, 2012.

SILVA, J. B. L.; MOURA, R. J.; WOOD, G.; HAASE, V. G. Processamento fonológico e desempenho em aritmética: uma revisão da relevância para as dificuldades de aprendizagem. **Temas em Psicologia**. São Paulo, v. 23, n. 1, p. 157-173, 2015.

SILVA, L. P.; FONSECA, L. S. Analysis of textbooks of mathematics in relation to the disposition of tasks in the light of attention as a neurocognitive mechanism. **Acta Scientiae**. Canoas (Brasil), v. 21, n. 4, p. 160-173, 2019.

SILVERMAN, D. **Interpretação de dados qualitativos**: métodos para análise de entrevistas, textos e interações. Tradução de: Magda França Lopes. Porto Alegre: Artmed, 2009.

SIMÕES, E. M. S.; NOGARO, A. **Neurociência Cognitiva para Educadores**: aprendizagem e prática docente no século XXI. Curitiba: CRV, 2016.

SIQUARA, G. M.; DAZZANI, M. V. M.; ABREU, N. Tarefas que avaliam a memória operacional na infância e adolescência: uma revisão sistemática da literatura. **Estudos de Psicologia**. v. 19, n. 4, p. 258-267, out./dez. 2014.

SOLÉ, I. Disponibilidade para a aprendizagem e sentido da aprendizagem. In: COLL, C. *et al.* (Orgs.). **O construtivismo na sala de aula**. Ática, 1996. p. 29-56.

SOLÉ, I.; COLL, C. Os professores e a concepção construtivista. In: COLL, C. *et al.* (Orgs.). **O construtivismo na sala de aula**. s/l. Ática, 1996. p. 9-28.

SOUSA, A. M. O. P.; ALVES, R. R. N. A neurociência na formação dos educadores e sua contribuição no processo de aprendizagem. **Revista Psicopedagogia**, v. 34, n. 105, p. 320-331, 2017.

SPITZER, M. **Aprendizagem**: Neurociências e a escola da vida. Lisboa: Climepsi Editores, 2007.

STAKE, R. E. Pesquisa qualitativa: estudando como as coisas funcionam. Penso Editora. 2016.

STELZER, F.; CERVIGNI, M. A.; MAZZONI, C. Programas de entrenamiento cognitivo de la memoria de trabajo: um análisis comparativo de estudios en niños. **Revista Puertorriqueña de Psicología**. San Juan (Puerto Rico), v. 24, n. 2, p. 1-17, 2013.

STERN, P. N.; HARRIS, C. C. Women's health and the self-care paradox. A model to guide self-care readiness. **Health care for women international**, v. 6, n. 1-3, p. 151-163, 1985.

STEVENS, C.; BAVELIER, D. The role of selective attention on academic foundations: a cognitive neuroscience perspective. **Developmental Cognitive Neuroscience**. Pennsylvania (Estados Unidos). v. 2, n. 1, p. 530-548, 2012.

SULLIVAN, J. V. Learning and embodied cognition: a review and proposal. **Psychology: Learning and Teaching**. Toledo (Estados Unidos), v. 17, n. 2, p. 128-143, 2018.

SUSAC, A.; BRAEUTIGAM, S. A case for neuroscience in mathematics education. **Frontiers in Human Neuroscience**. Lausanne (Suíça), v. 8, n. 1, p. 1-3, 2014.

SUSPERREGUY, M. I.; PEAKE, C.; GÓMEZ, D. M. Investigación en cognición numérica em Chile: estado actual, vínculos com la educacion y desafios. **Estudios de Psicología**. Fundación Infancia y Aprendizaje (Espanha), v. 41, n. 2, p. 404-438, 2020.

THOMAS, M. O. J.; WILSON, A. J.; CORBALLIS, M. C.; LIM, V. K. YOON, C. Evidence from cognitive neuroscience for the role of graphical and algebraic representations in understanding function. **ZDM**. Hamburgo (Alemanha), v. 42, n. 1, p. 607-619, 2010.

THOMAZ, E. M. da S. **Neurociências e seus vínculos com ensino, aprendizagem e formação de professores**: percepções de professores e licenciandos da área de ciências da natureza. 126 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Escola de Ciências, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

TURATO, E. R. Métodos qualitativos e quantitativos na área da saúde: definições, diferenças e seus objetos de pesquisa. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 39, n. 3, p. 507-514, 2005.

UEHARA, E.; CHARCHAT-FICHMAN, H.; LANDEIRA-FERNANDEZ, J. Funções executivas: um retrato integrativo dos principais modelos e teorias desse conceito. **Revista Neuropsicologia Latinoamericana**, v. 5, n. 3, p. 25-37, 2013.

VALDIVIEZO-LOAYZA, M. A.; RIVERA-MUÑOZ, J. L. La inteligencia emocional em la educación, uma revisão sistemática em América Latina y el Caribe. **Revista Peruana de Investigación e Innovación Educativa**. Lima (Perú) v. 2, n. 2, p. 1-10, jul. 2022.

VÉLEZ, M. R. A.; MONTOYA-ZULUAGA, P. A. Revisión teórica sobre la relación entre variables psicológicas, neuropsicológicas y pedagógicas, em el processo de enseñanza/aprendizaje com niños y jóvenes entre los 9 y los 14 años. **Journal of Neuroeducation**. Barcelona (Espanha) v. 2, n. 2, p. 44-56, fev. 2022.

VENTURA, A. L. M.; ABREU, P. A.; FREITAS, R. C. C.; SATHLER, P. C.; LOUREIRO, N.; CASTRO, H. C. Sistema colinérgico: revisitando receptores, regulação e a relação com a

doença de Alzheimer, esquizofrenia, epilepsia e tabagismo. **Revista de Psiquiatria Clínica**, v. 37, n. 2, p. 66-72, 2010.

VERGNAUD, G. A **Teoria dos Campos Conceituais**. In: Recherches em didatique des mathématiques, v. 10, n. 23, p. 133-170. Grenoble: La Pensée Sauvage Editions, 1991.

VIANA, C. N. A falibilidade da memória nos relatos testemunhais: implicações das falsas memórias no contexto dos crimes contra a dignidade sexual. **Revista Brasileira de Políticas Públicas**. v. 8, n. 2, p. 1035-1056, 2018.

ZAFRA, C. A.; RODRÍGUEZ, F. J. D.; RUÍZ, A. P. Incidencia de la inteligencia emocional em los rendimientos escolares: una revisión teórica. **Dilemas Contemporáneos: educación, política y valores**. Toluca (México) v. 7, n. 1, p. 1-25, set./dez., 2019.

ZARDO, A. L.; SCHROEDER, T. M. R. Educação e Neurociências: uma revisão de literatura sobre funções executivas. **Concilium**. v. 23, n. 2, p-318-328, fev. 2023.



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
Pró-Reitoria de Graduação
Av. Ipiranga, 6681 - Prédio 1 - 3º. andar
Porto Alegre - RS - Brasil
Fone: (51) 3320-3500 - Fax: (51) 3339-1564
E-mail: prograd@pucrs.br
Site: www.pucrs.br