

PUCRS

ESCOLA DE HUMANIDADES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
CURSO DE DOUTORADO

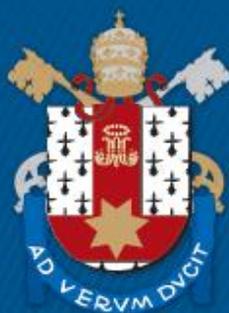
FERNANDA GOBBI DE BOER GARBIN

**PROPOSTA DE UM MODELO PARA O DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS DOS
ESTUDANTES DE ENGENHARIA**

Porto Alegre

2022

PÓS-GRADUAÇÃO - *STRICTO SENSU*



Pontifícia Universidade Católica
do Rio Grande do Sul

FERNANDA GOBBI DE BOER GARBIN

**PROPOSTA DE UM MODELO PARA O DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS
DOS ESTUDANTES DE ENGENHARIA**

Texto apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação, na Escola de Humanidades, na Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Educação.

Orientadora: Dra. Adriana Justin Cerveira Kampf

Porto Alegre

2022

Ficha Catalográfica

G213p Garbin, Fernanda Gobbi de Boer

Proposta de um modelo para o desenvolvimento de competências dos
estudantes de engenharia / Fernanda Gobbi de Boer Garbin. –
2022.

204.

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

Orientadora: Profa. Dra. Adriana Justin Cerveira Kampff.

1. Metodologias Ativas. 2. Tecnologias Digitais. 3. TPACK. 4.
Diretrizes Curriculares Nacionais. I. Kampff, Adriana Justin Cerveira.
II. Título.

FERNANDA GOBBI DE BOER GARBIN

**PROPOSTA DE UM MODELO PARA O DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS
DOS ESTUDANTES DE ENGENHARIA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação, na Escola de Humanidades, na Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Educação.

Porto Alegre, 15 de dezembro de 2022.

Dra. Adriana Justin Cerveira Kampff
(Orientadora – PUCRS)

Membros da banca:

Dra. Débora Conforto – PUCRS

Dra. Lucia Maria Martins Giraffa – PUCRS

Dr. Sandro da Silva Camargo – UNIPAMPA

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento desta tese de doutorado contou com a ajuda de diversas pessoas, dentre às quais agradeço:

À professora orientadora, Dra. Adriana Justin Cerveira Kampff, que me acompanhou durante toda a trajetória no doutorado, dando todo o auxílio necessário para a elaboração da pesquisa.

Aos estudantes de Engenharia que participaram da pesquisa, pela colaboração e pela disposição no processo de coleta de dados.

À minha família, que me incentivou a cada momento e não permitiu que eu desistisse.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

Diante das demandas atuais da sociedade, novas Diretrizes Curriculares Nacionais foram publicadas para os cursos de Engenharia em 2019, enfatizando o uso de metodologias ativas de ensino e tecnologias para o desenvolvimento de competências dos estudantes. O crescente interesse sobre o ensino para o desenvolvimento de competências é observado em estudos nacionais e internacionais, assim como a necessidade de desenvolver pesquisas que integrem metodologias de ensino e tecnologias digitais para esse fim. Dessa forma, busca-se responder a seguinte questão de pesquisa: como promover o ensino para o desenvolvimento de competências em um curso de Engenharia? Como solução, propõe-se um modelo de ensino para o desenvolvimento de competências para os cursos de Engenharia, sendo esse o objetivo geral. São objetivos específicos: (i) identificar os conteúdos, metodologias e tecnologias adequadas ao ensino para o desenvolvimento de competências em cursos de Engenharia; (ii) desenvolver uma experiência de aprendizagem para o desenvolvimento de competências adequado ao contexto de aplicação; (iii) avaliar o desempenho do modelo proposto quanto ao desenvolvimento de competências. No desenvolvimento da proposta, utiliza-se como referência o modelo *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK), que apresenta a influência das metodologias de ensino, as tecnologias e os conteúdos para o desenvolvimento de competências. O modelo desenvolvido foi implementado no curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), mais especificamente no componente curricular de Simulação. Quanto à classificação da pesquisa, esta tem natureza aplicada, objetivos exploratórios e métodos mistos. O *Design Based Research* (DBR) foi definido como abordagem metodológica, incorporando as metodologias qualitativas e quantitativas. Como resultado, o modelo proposto é estruturado em três fases, sendo: planejamento, implementação e reflexão, mostrando-se adequado para o projeto de uma experiência de aprendizagem que promova o desenvolvimento de competências, conforme as informações analisadas a partir de entrevistas e avaliações dos estudantes. A pesquisa apresenta contribuições teóricas e práticas ao estudar o desenvolvimento de competências com o uso de metodologias e tecnologias específicas, não apenas pela necessidade de implementação adequada das novas DCNs das Engenharias para a qualificação nacional da formação de engenheiros, mas também para gerar ambientes de aprendizagem mais significativos e engajadores.

Palavras-chave: Metodologias Ativas. Tecnologias Digitais. TPACK. Diretrizes Curriculares Nacionais.

ABSTRACT

Due to society's current demands, new National Curricular Guidelines for Engineering course programs were published in 2019, highlighting the need for active teaching methodologies and technology for the development of the students' competences. The rising interest regarding teaching methods for developing competences can be observed in national and international studies, alongside the need for research on the integration between such methodologies and digital technology. Considering this, we aim to answer the following question: how can we promote teaching for the developing of competences in an Engineering course program? As a solution, we attain our general objective by proposing one such teaching program model. Our specific objectives: (i) to identify the content, methodologies, and technologies to answer this specific need in Engineering programs; (ii) to create a learning experience geared towards the development of competences that is adequate to the context of application; (iii) to evaluate the performance of our proposed model in relation to said development. We based ourselves on the Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) model, which elaborates on the influence of teaching methodologies, technology, and contents for the development of competences. The proposed model was applied in the Production Engineering program of the Federal University of Pampa (UNIPAMPA), more specifically to the Simulation curricular module. As to the classification of this research, it is of the applied category, with exploratory objectives and mixed methodologies. The research method chosen was the Design Based Research (DBR), and we incorporated its qualitative and quantitative aspects. As a result, the proposed model has a three-phase structure of planning, implementation, and reflection, and it is adequate to the project of a learning experience that promotes the development of competences, according to our analysis of student interviews and evaluations. This research brings theoretical and practical contribution in the studying of the development of competences, not only because of the need for implementation of the new curricular guidelines in Engineering programs in order to adhere to the criteria for the national qualification of engineers, but also to generate learning more significant and engaging learning environments.

Keywords: Active methodologies. Digital technology. TPACK. National Curricular Guidelines.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – DISTRIBUIÇÃO DOS ESTUDOS NO BRASIL SOBRE O ENSINO E A APRENDIZAGEM PARA O DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS EM CURSOS DE ENGENHARIA BRASILEIROS.....	29
FIGURA 2 – DIAGRAMA DA BIBLIOGRAFIA CATEGORIZADA SOBRE O ENSINO E A APRENDIZAGEM PARA O DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS EM CURSOS BRASILEIROS	32
FIGURA 3 – DISTRIBUIÇÃO DOS ESTUDOS SOBRE O USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL EM CURSOS DE ENGENHARIA NO BRASIL.....	42
FIGURA 4 – DIAGRAMA DA BIBLIOGRAFIA CATEGORIZADA SOBRE O USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL EM CURSOS DE ENGENHARIA BRASILEIROS.....	44
FIGURA 5 – DISTRIBUIÇÃO DOS ESTUDOS ANALISADOS NO MUNDO.....	54
FIGURA 6 – DIAGRAMA DA BIBLIOGRAFIA CATEGORIZADA SOBRE O USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL NO ENSINO DE ENGENHARIA	56
FIGURA 7 – MAPA CONCEITUAL DA SEÇÃO ENSINO PARA O DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS	61
FIGURA 8 – MAPA CONCEITUAL DA SEÇÃO APRENDIZAGEM ATIVA	67
FIGURA 9 – MAPA CONCEITUAL DA SEÇÃO MODELAGEM E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL.....	78
FIGURA 10 – MAPA CONCEITUAL DA SEÇÃO TECNOLOGIAS DIGITAIS PARA O ENSINO E A APRENDIZAGEM	89
FIGURA 11 – MODELO TPACK.....	94
FIGURA 12 – MAPA CONCEITUAL DA SEÇÃO AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM	95
FIGURA 13 – INSTALAÇÕES DA UNIPAMPA	102
FIGURA 14 – MAPA DE CONJECTURAS INICIAL	108
FIGURA 15 – PROCESSO DE DESDOBRAMENTO DE COMPETÊNCIAS	117
FIGURA 16 – ETAPAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO CONHECIMENTO.....	128

FIGURA 17 – ETAPAS PARA O DESENVOLVIMENTO DA ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA.....	131
FIGURA 18 – ESQUEMA DE TRIANGULAÇÃO DAS FONTES DE PESQUISA	137
FIGURA 19 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	139
FIGURA 20 – MODELO PARA O DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS	142
FIGURA 21 – EXPERIÊNCIA DE APRENDIZAGEM PROPOSTA.....	144
FIGURA 22 – MODELO COMPUTACIONAL CONSTRUÍDO NO SOFTWARE ARENA®	149
FIGURA 23 – DISTRIBUIÇÃO DOS NÍVEIS PARA O CONJUNTO DE COMPETÊNCIAS	164
FIGURA 29 – TRIANGULAÇÃO DE EVIDÊNCIAS	168
FIGURA 30 – MAPA DE CONJECTURAS FINAL	169

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – BUSCA E SELEÇÃO DO CORPUS DE ANÁLISE SOBRE O ENSINO E A APRENDIZAGEM PARA O DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS EM CURSOS DE ENGENHARIA BRASILEIROS.....	26
QUADRO 2 – RESUMO DA BIBLIOGRAFIA ANOTADA SOBRE O ENSINO E A APRENDIZAGEM PARA O DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS EM CURSOS DE ENGENHARIA BRASILEIROS.....	27
QUADRO 3 – MÉTODOS DE PESQUISA EMPREGADOS PELOS ESTUDOS ANALISADOS	30
QUADRO 4 – ESTRATÉGIAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS ADOTADAS PELOS ESTUDOS ANALISADOS.....	33
QUADRO 5 – COMPETÊNCIAS ABORDADAS EM CURSOS DE ENGENHARIA BRASILEIROS.....	35
QUADRO 6 – BUSCA E SELEÇÃO DO CORPUS DE ANÁLISE SOBRE O USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL EM CURSOS DE ENGENHARIA BRASILEIROS.....	40
QUADRO 7 – RESUMO DA BIBLIOGRAFIA ANOTADA SOBRE O USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL EM CURSOS DE ENGENHARIA BRASILEIROS.....	41
QUADRO 8 – COMPETÊNCIAS ABORDADAS PELOS ESTUDOS QUE TRATAM DO USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL EM CURSOS DE ENGENHARIA BRASILEIROS.....	44
QUADRO 9 – METODOLOGIAS DE ENSINO ADOTADAS PELOS ESTUDOS QUE TRATAM DO USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL EM CURSOS DE ENGENHARIA BRASILEIROS.....	46
QUADRO 10 – INFORMAÇÕES SOBRE A BUSCA E A SELEÇÃO DO CORPUS DE ANÁLISE SOBRE O USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL NO ENSINO DE ENGENHARIA NA BASE DE DADOS SCOPUS	49
QUADRO 11 – RESUMO DA BIBLIOGRAFIA ANOTADA SOBRE O USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL NO ENSINO DE ENGENHARIA	50

QUADRO 12 – PERIÓDICOS EM QUE OS ESTUDOS ANALISADOS FORAM PUBLICADOS.....	53
QUADRO 13 – ETAPAS DA ABP	77
QUADRO 14 – MÉTODO DE MODELAGEM E SIMULAÇÃO E COMPETÊNCIAS DESENVOLVIDAS	87
QUADRO 15 – MODELO GENÉRICO DE RUBRICAS	99
QUADRO 16 – INSTRUMENTOS PARA A COLETA DE DADOS.....	109
QUADRO 17 – MACROCOMPETÊNCIAS GERAIS PARA O CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA UNIPAMPA.....	111
QUADRO 18 – DESDOBRAMENTO DE COMPETÊNCIAS PARA O COMPONENTE CURRICULAR E A SIMULAÇÃO.....	113
QUADRO 19 – RUBRICAS PARA A AVALIAÇÃO DO PROJETO DESENVOLVIDO NO COMPONENTE CURRICULAR SIMULAÇÃO.....	117
QUADRO 20 – QUESTIONÁRIO PARA A AUTOAVALIAÇÃO DE COMPETÊNCIAS	122
QUADRO 21 – QUESTIONÁRIO PARA A AVALIAÇÃO DAS METODOLOGIAS DE ENSINO E APRENDIZAGEM ADOTADAS	124
QUADRO 22 – PROTOCOLO PARA A ENTREVISTA.....	125
QUADRO 23 – MÉTODOS DE ANÁLISE DOS RESULTADOS	127
QUADRO 24 – PLANEJAMENTO PARA A CONSTRUÇÃO DO ESTADO DO CONHECIMENTO.....	128
QUADRO 25 – ORGANIZAÇÃO DA BIBLIOGRAFIA ANOTADA	129
QUADRO 26 – ORGANIZAÇÃO DA BIBLIOGRAFIA SISTEMATIZADA.....	129
QUADRO 27 – ORGANIZAÇÃO DA BIBLIOGRAFIA PROPOSITIVA.....	130
QUADRO 28 – ORGANIZAÇÃO DA DESMONTAGEM DOS TEXTOS	132
QUADRO 29 – ORGANIZAÇÃO DO ESTABELECIMENTO DE RELAÇÕES.....	132
QUADRO 30 – PROGRAMA DO COMPONENTE CURRICULAR SIMULAÇÃO.....	144
QUADRO 31 – AVALIAÇÕES DOS PROJETOS	150
QUADRO 32 – CARACTERIZAÇÃO DOS ENTREVISTADOS	153
QUADRO 33 – CATEGORIAS, SUBCATEGORIAS E RESPECTIVOS CONTEÚDOS OBTIDOS A PARTIR DA ATD	153
QUADRO 34 – P-VALUE DO TESTE WILCOXON	164

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – DISTRIBUIÇÃO DOS ESTUDOS SOBRE O ENSINO E A APRENDIZAGEM EM CURSOS DE ENGENHARIA BRASILEIROS AO LONGO DO TEMPO.	30
GRÁFICO 2 – DISTRIBUIÇÃO DOS ESTUDOS SOBRE O USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL EM CURSOS DE ENGENHARIA BRASILEIROS AO LONGO DO TEMPO	43
GRÁFICO 3 – DISTRIBUIÇÃO DOS ESTUDOS QUE TRATAM DO USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL NO ENSINO DE ENGENHARIA AO LONGO DO TEMPO	55
GRÁFICO 4 – INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS UTILIZADOS PELOS ESTUDOS ANALISADOS	55
GRÁFICO 5 – COMPETÊNCIAS ABORDADAS PELOS ESTUDOS QUE TRATAM DO USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL NO ENSINO DE ENGENHARIA	57
GRÁFICO 6 – METODOLOGIAS DE ENSINO ADOTADAS PELOS ESTUDOS QUE TRATAM DO USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL NO ENSINO DE ENGENHARIA	58
GRÁFICO 7 – ÍNDICES TDA, TCA E TAP PARA O CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA UNIPAMPA	104
GRÁFICO 8 – AVALIAÇÕES DOS PROJETOS CONFORME RUBRICAS	152
GRÁFICO 9 – RESULTADO DA AUTOAVALIAÇÃO DE COMPETÊNCIAS NO INÍCIO DO PERÍODO LETIVO	162
GRÁFICO 10 – RESULTADO DA AUTOAVALIAÇÃO DE COMPETÊNCIAS AO FINAL DO PERÍODO LETIVO	163
GRÁFICO 11 – AVALIAÇÃO DOS ESTUDANTES QUANTO À EXPERIÊNCIA DE APRENDIZAGEM	166

LISTA DE SIGLAS

ABENGE	– Associação Brasileira de Educação em Engenharia
ABEPRO	– Associação Brasileira de Engenharia de Produção
ABP	– Aprendizagem Baseada em Projetos
BDTD	– Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
CAD	– <i>Computer Aided Design</i>
CAE	– <i>Computer Aided Engineering</i>
CNI	– Confederação Nacional das Indústrias
CONFEA	– Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
DBR	– <i>Design Based Research</i>
DCNs	– Diretrizes Curriculares Nacionais
ERE	– Ensino Remoto Emergencial
IEs	– Instituições de Ensino
INEP	– Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais
MEC	– Ministério da Educação
MIT	– <i>Massachusetts Institute of Technology</i>
ODS	– Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	– Organização das Nações Unidas
PPC	– Projeto Pedagógico do Curso
PUCRS	– Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
SAP	– Sistema Acadêmico de Projetos
SINAES	– Sistema Nacional de Avaliação do Ensino Superior
TAP	– Taxa de Permanência
TCA	– Taxa de Conclusão Acumulada
TDA	– Taxa de Desistência Acumulada
TICs	– Tecnologias da Informação e Comunicação
TPACK	– <i>Technological Pedagogical Content Knowledge</i>
UNESCO	– <i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>
UNIPAMPA	– Universidade Federal do Pampa

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	15
1.1.1	O desenvolvimento dos cursos de Engenharia no Brasil	16
1.1.2	O ensino para o desenvolvimento de competências nos cursos de Engenharia	17
1.1.3	Influência das tecnologias no ensino de Engenharia	20
1.2	TEMA, QUESTÃO DE PESQUISA E OBJETIVOS	22
1.3	ESTRUTURA	23
2	ESTADO DO CONHECIMENTO	25
2.1	ENSINO E APRENDIZAGEM PARA O DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS EM CURSOS DE ENGENHARIA BRASILEIROS	25
2.1.1	<i>Corpus</i> de análise	25
2.1.2	Bibliografias anotada e sistematizada	27
2.1.3	Bibliografia categorizada	31
2.1.4	Bibliografia propositiva	38
2.2	USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL NO ENSINO DE ENGENHARIA	39
2.2.1	Estado do conhecimento: Revista de Ensino de Engenharia	39
2.2.1.1	<i>Corpus</i> de análise	40
2.2.1.2	Bibliografias anotada e sistematizada	41
2.2.1.3	Bibliografia categorizada	43
2.2.2	Bibliografia propositiva	48
2.2.3	Estado do Conhecimento: base de dados Scopus	48
2.2.3.1	<i>Corpus</i> de análise	48
2.2.3.2	Bibliografias anotada e sistematizada	49
2.2.3.3	Bibliografia categorizada	56
2.2.3.4	Bibliografia propositiva	58
3	REFERENCIAL TEÓRICO	60
3.1	ENSINO PARA O DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS	60
3.1.1	Conceito de competência	61
3.1.2	Ensino e aprendizagem para o desenvolvimento de competências	65
3.2	APRENDIZAGEM ATIVA	67

3.2.1	Apresentação da Aprendizagem Ativa	67
3.2.2	Metodologias para a Aprendizagem Ativa	71
3.2.3	Aprendizagem Baseada em Projetos	73
3.3	MODELAGEM E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL	78
3.3.1	Definições de Modelagem e Simulação	79
3.3.2	Modelagem e Simulação no contexto educacional	81
3.3.3	Método para Modelagem e Simulação	85
3.4	TECNOLOGIAS DIGITAIS PARA O ENSINO E A APRENDIZAGEM	88
3.4.1	Influências das tecnologias digitais no contexto educacional	89
3.4.2	Modelo TPACK	93
3.5	AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM	95
3.5.1	Definições e processo de avaliação	96
3.5.2	Avaliação de competências por rubricas	97
4.	METODOLOGIA	101
4.1	CONTEXTO EM QUE A PESQUISA É REALIZADA	101
4.2	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	105
4.3	COLETA DE DADOS	108
4.3.1	Projeto Político Pedagógico do Curso	109
4.3.2	Plano de ensino	112
4.3.3	Relatórios de projetos	117
4.3.4	Questionário de autoavaliação de competências e percepções sobre o componente curricular	121
4.3.5	Entrevistas	124
4.4	MÉTODOS DE ANÁLISE DOS DADOS	126
4.4.1	Estado do Conhecimento	127
4.4.2	Análise Textual Discursiva	130
4.4.3	Estatística descritiva	133
4.4.4	Teste de hipótese	134
4.5	PROCEDIMENTOS DE VERIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO	135
4.6	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	138
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	141

5.1	MODELO PARA DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS.....	141
5.2	EXPERIÊNCIA DE APRENDIZAGEM.....	143
5.3	DESENVOLVIMENTO DOS PROJETOS E AVALIAÇÕES.....	148
5.3.1	Caracterização dos projetos	148
5.3.2	Avaliação dos projetos	150
5.4	ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA DAS ENTREVISTAS.....	153
5.4.1	Fatores que influenciam o desenvolvimento de competências	154
5.4.1.1	Metodologias de Ensino e Aprendizagem	155
5.4.1.2	Avaliação da Aprendizagem.....	156
5.4.1.3	Materiais de apoio.....	157
5.4.1.4	Tecnologias digitais	158
5.4.2	Competências desenvolvidas	158
5.4.3	Avaliação do Ensino Remoto Emergencial	160
5.5	AUTOAVALIAÇÃO DE COMPETÊNCIAS	161
5.6	PERCEPÇÕES DOS ESTUDANTES SOBRE A EXPERIÊNCIA DE APRENDIZAGEM	166
5.7	TRIANGULAÇÃO DAS EVIDÊNCIAS	167
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	171
	REFERÊNCIAS	175
	APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	198
	APÊNDICE B – DADOS SOBRE CONCLUSÃO, PERMANÊNCIA E DESISTÊNCIA DO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA UNIPAMPA	199
	APÊNDICE C – PRODUÇÕES RELACIONADAS À TESE	200
	APÊNDICE D – CARTA DE AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL.....	201

1 INTRODUÇÃO

O século XX é marcado pelo desenvolvimento científico e tecnológico, com destaque para os avanços em meios de transporte, automação e comunicação eletrônica, impactando os costumes da sociedade e desencadeando o processo de globalização da economia. Esses desenvolvimentos se aceleram, no século XXI, com o desenvolvimento da impressão 3D, o emprego da robótica avançada, a Inteligência Artificial, a Internet das Coisas e o crescente número de plataformas digitais, transpondo as fronteiras entre as dimensões físicas e digitais. Diante das transformações provocadas pelas tecnologias, observam-se mudanças que afetam a educação em todas as suas dimensões: infraestrutura, projeto pedagógico, formação docente, mobilidade e avaliação.

Dessa forma, propõe-se a presente pesquisa no âmbito da educação em Engenharia, considerando alguns dos seus atuais desafios, os quais são apresentados neste capítulo introdutório. A seguir, busca-se explicar o cenário em que a presente pesquisa é desenvolvida, assim como as justificativas para sua realização. Ainda nesse capítulo são apresentados o tema, as hipóteses, a questão e os objetivos de pesquisa, além da estrutura do documento.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

São diversos os desafios apresentados à educação em Engenharia, com destaque à implementação das Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs), publicadas em 2019, cujo prazo encerra-se em 2022. De acordo com as DCNs, os cursos de engenharia precisam adotar o uso de metodologias ativas de ensino e tecnologias para o desenvolvimento de competências dos estudantes, superando o modelo de transmissão do conhecimento ainda presente. Para isso, é importante compreender o contexto em que se encontra o ensino de engenharia brasileiro a partir do seu desenvolvimento ao longo da história, a demanda pelo desenvolvimento de competência e as influências que as Tecnologias Digitais exercem no âmbito educacional, os quais são apresentados nas subseções a seguir.

1.1.1 O desenvolvimento dos cursos de Engenharia no Brasil

A Engenharia como arte tem origem nos primórdios da humanidade, mas como um conjunto organizado de conhecimento datado no século XVIII (TELLES, 1994). De acordo com o autor, a primeira Instituição de Ensino de Engenharia foi fundada em Paris em 1747, denominada *École Nationale des Ponts et Chaussées*. No Brasil, os engenheiros passaram a ter alguma influência na sociedade a partir da segunda metade do século XIX, já que antes prevalecia uma cultura de desvalorização das profissões técnicas e das atividades de indústria e comércio, herança da sociedade colonial portuguesa (TELLES, 2015). O autor explica que, na era colonial, com a proibição do estabelecimento de indústrias e a mão de obra escrava, desestimulava-se qualquer progresso técnico e o desenvolvimento da engenharia. Assim, os engenheiros eram aproveitados principalmente como profissionais militares responsáveis por fortificações e outras obras de caráter estratégico-militar.

O ensino de engenharia no Brasil teve início em 1792, com a criação da Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho no Rio de Janeiro, em funcionamento até 1858, quando desdobrada em dois institutos de ensino: a Escola Central, para engenheiros civis, e a Escola Militar e de Aplicação do Exército, para os engenheiros militares. Posteriormente, em 1874, a Escola Central é transformada em Escola Politécnica, introduzindo três especializações para a área: a Engenharia Civil, de Minas e de Artes e Manufatura e a Escola de Engenharia de Ouro Preto, criada em 1876, de modo a ampliar as especialidades para Engenharia de Minas e Metalurgia (TELLES, 2015). Portanto, observa-se o surgimento da tendência de especialização da profissão, resultando atualmente em mais de 60 habilitações, conforme divulgação do Ministério da Educação (2019a).

Após a Segunda Guerra Mundial, observam-se as mudanças no papel dos engenheiros na sociedade, os quais passaram a ser reconhecidos como especialistas técnicos nas suas áreas. Dessa forma, as universidades tornaram-se formadoras de especialistas, preocupando-se em repassar informações e conhecimentos e preparando-os para o trabalho operacional árduo (GOLDBERG; SOMMERVILLE, 2014). A partir de 1950, observa-se um significativo crescimento no número de cursos de Engenharia no Brasil, que coincide com o crescimento da industrialização do país, o desenvolvimento de projetos, a concepção de obras de grande porte e a fabricação de produtos nacionais (ELMÔR FILHO *et al.*, 2019). Mas foi na metade da década de 1990, com a edição da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei nº 9.394/1996), que se verifica a maior

expansão (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2019a). De acordo com o último Censo da Educação Superior divulgado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (INEP) (2021), há no Brasil mais de 6.400 cursos de graduação classificados na área do conhecimento Engenharia, Produção e Construção, sendo apenas 26% ofertados em instituições públicas. Quanto à participação em todos os cursos de graduação, está em terceiro lugar (15,8%) após Negócios, Administração e Direito (25,4%) e Educação (19,9%); sendo que, do número de matriculados entre os cursos de Engenharia, destacam-se Produção, Civil e Mecânica.

Oliveira (2019) argumenta que os cursos de Engenharia brasileiros ainda se assemelham aos modelos das primeiras escolas quanto à estrutura dos currículos, com forte influência do ensino de engenharia na França, exemplificada pelo enfoque em disciplinas categorizadas em básicas e profissionalizantes, semelhante ao primeiro curso oferecido pela *École Nationale des Ponts et Chaussées*. O autor também observa que permanecem abordagens transmissivas do conhecimento, de modo que se apresentam como desafios atuais a adoção de metodologias de ensino centradas no estudante e a integração entre os conhecimentos para o desenvolvimento de competências. Considerando essa necessidade, na subseção a seguir, apresenta-se o ensino para o desenvolvimento de competências nos cursos de Engenharia.

1.1.2 O ensino para o desenvolvimento de competências nos cursos de Engenharia

No que se refere à legislação dos cursos de graduação de engenharia, tem-se as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs), com uma primeira versão publicada em 2002 e a vigente em 2019. As DCNs para cursos superiores são referências para as Instituições de Ensino Superior brasileiras organizarem os cursos de graduação, sendo as bases para a elaboração dos Projetos Políticos Pedagógicos de Curso. A Resolução nº 2, de 24 de abril de 2019, que institui as DCNs para os cursos de Engenharia, apresenta expectativas quanto ao perfil dos egressos, as quais estão alinhadas aos desafios contemporâneos da profissão, como a Indústria 4.0,¹ às transformações digitais e às novas formas de organização do trabalho (OLIVEIRA, 2019). Dessa forma, segundo o autor, espera-se que os engenheiros desenvolvam uma visão holística e habilidades para a pesquisa,

¹ Também conhecida como Quarta Revolução Industrial, contempla um amplo sistema de tecnologias avançadas, como automação, robótica, Computação em Nuvem, Inteligência Artificial e Internet das Coisas (SACOMANO *et al.*, 2018).

também atuem de forma inovadora e empreendedora, e atentem às necessidades dos usuários de processos, produtos e serviços, além de preocuparem-se com a cidadania e a sustentabilidade.

Telles (2015, p. 7) afirma que “tudo que o engenheiro faz, dentro de sua profissão, se destina, em última análise, a satisfazer alguma necessidade humana e, portanto, uma necessidade social”. Os engenheiros projetam, constroem e operam diversas obras, como prédios, vias, fábricas, sistemas elétricos e de abastecimento de água, entre outros que são essenciais para o desenvolvimento da sociedade. Ademais, suas responsabilidades têm aumentado com o passar do tempo devido ao progresso tecnológico, o qual permite o desenvolvimento de projetos maiores e com maior impacto à sociedade – e com maiores riscos (TELLES, 2015). Quanto a esses, o autor exemplifica que “o desabamento de uma pequena casa ou de uma pequena ponte, como existiam antigamente, é muito diferente do desabamento de um grande prédio ou de um importante viaduto” (TELLES, 2015, p. 14).

Os Engenheiros devem acompanhar o desenvolvimento econômico e social, contribuindo para a solução dos desafios que se apresentam em um contexto caracterizado pela “Indústria 4.0, com tecnologias mais digitais, e um planeta no qual o futuro de pessoas, economias e meio ambiente tornam-se inseparáveis” (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS, 2020). Conforme esclarece o documento de Apoio à Implantação das DCNs, desenvolvido pela Confederação Nacional das Indústrias (CNI) em parceria com outras instituições de alta relevância no cenário brasileiro, os egressos dos cursos de Engenharia devem ter competências técnicas e sociais para atuar de forma multidisciplinar e sistêmica. Por isso, as DCNs publicadas em 2019 propõem o ensino com base em experiências práticas e metodologias ativas, propiciando aos estudantes oportunidades para desenvolverem os conhecimentos, as habilidades e as atitudes demandadas.

Diante do exposto, identifica-se a necessidade de implementar o ensino para o desenvolvimento de competências, o que tem sido abordado por diferentes áreas ao longo do tempo, além de apresentar-se como um tema emergente nos diferentes cursos de Engenharia brasileiros, conforme as DCNs. As DCNs publicadas em 2002 já apresentavam o ensino para o desenvolvimento de competências, porém poucos currículos foram adaptados para esse fim. Dessa forma, tem-se nas DCNs de 2019, em fase de implementação, a expectativa de superação dos entraves que dificultaram as mudanças necessárias nos cursos de Engenharia (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS, 2020). Para isso, Kern *et al.* (2019) destacam os seguintes princípios das novas DCNs: ênfase nas competências esperadas dos egressos; destaque para o

Projeto Pedagógico do Curso (PPC) como documento de referência para a gestão do processo de aprendizagem; adoção de metodologias de ensino ativas; desenvolvimento de políticas de acolhimento aos estudantes; e valorização das atividades docentes.

A necessidade de profissionais, como os engenheiros, desenvolverem competências para atuar nos desafios contemporâneos não é exclusiva do cenário brasileiro. Kern *et al.* (2019) destacam que o tema já foi discutido no Fórum Econômico Mundial em 2016, pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) e por diversas universidades em todo o mundo, entre outros. De acordo com o relatório *The Future of Jobs: employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution*, é possível prever a extinção dos postos de trabalho mais operacionais, que podem facilmente ser substituídos por máquinas e robôs. Assim, é preciso preparar as pessoas para atuarem com tecnologias inovadoras e os novos contextos de trabalho resultantes de suas influências, como a inteligência artificial, *big data*, robótica, impressão em 3D e simulação (WORLD ECONOMIC FORUM, 2019). Nesse sentido, nos cursos de Engenharia, sugere-se adotar metodologias centradas nos estudantes, com destaque ao Aprendizado Baseado em Projetos, conforme o documento *The global state of art in engineering education*, publicado pelo MIT (GRAHAM, 2018).

De acordo com o relatório *Engineering for Sustainable Development*, publicado pela *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* – UNESCO (2021a), além de atender as demandas da Indústria 4.0, os engenheiros deverão fazer uso de tecnologias emergentes para atingir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS),² estabelecidos pelos membros da Organização das Nações Unidas (ONU). Para isso, é preciso que desenvolvam habilidades técnicas, capacidade de usar, otimizar e adaptar-se a tecnologias inovadoras e ao trabalho com grandes conjuntos de dados para a otimização de sistemas (UNESCO, 2021a). Portanto, observa-se que o desenvolvimento tecnológico acelerado também contribui para a demanda de novas competências, sendo as tecnologias no ensino de engenharia o tema da próxima subseção.

² Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável foram estabelecidos pela Organização das Nações Unidas em 2015, contemplando os principais desafios de desenvolvimento enfrentados no mundo (NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL, 2022).

1.1.3 Influência das tecnologias no ensino de Engenharia

As Tecnologias da Informação e Comunicação têm exercido influência na cultura e na organização social ao longo do tempo, de modo que o contexto educacional também é afetado (LÉVY, 2010; CASTELLS, 2013; SANTAELLA, 2013). As gerações mais recentes são “falantes nativos da linguagem digital dos computadores, videogames e internet”, o que modifica sua interação com o mundo, incluindo as Instituições de Ensino (IEs) (ELMÔR FILHO *et al.*, 2019). A internet, por exemplo, possibilita o fácil acesso a uma ampla variedade de informações, o aprendizado e a construção de saberes de forma colaborativa. Dessa forma, as IEs deixam de ser detentoras do conhecimento para tornarem-se agentes facilitadores do aprendizado e interações, de modo que se torna necessário revisar as práticas de ensino.

No que se refere ao ensino de engenharia, Goldberg e Sommerville (2014) identificam três revoluções que exerceram influência ao longo da história: a revolução empreendedora, que iniciou com a estruturação do Vale do Silício; a revolução da qualidade, cuja base está nos trabalhos de W. Edwards Deming³ e Joseph Juran⁴, que resultou no desenvolvimento de teorias como *Lean*, Seis Sigma e Produção *Just-in-Time*; e a revolução da tecnologia da informação, a qual resultou na integração de circuitos, no microprocessador, no computador pessoal, na internet e na comunicação global. Diante da última revolução mencionada, Koretsky e Magana (2019) recomendam a adoção de tecnologias educacionais para a mediação dos processos de ensino e aprendizagem, além da adaptação de Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), bem como ressaltam a importância de integrar às metodologias de ensino tecnologias próprias das atividades dos engenheiros, para as quais devem desenvolver competências específicas.

Observa-se que, nas DCNs de 2019 para os cursos de Engenharia, passa-se a valorizar o desenvolvimento de competências pelos estudantes para o uso de TICs, ao determinar que os alunos egressos dos cursos de Engenharia devem ser capazes de desenvolver e utilizar novas tecnologias de forma inovadora e empreendedora, e expressar-se adequadamente por meio das TICs (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2019b). Os debates sobre o uso de TICs no contexto educacional se tornaram mais frequente com o passar dos anos, conforme se percebe que estão

³ DEMING, W. Edwards. *Qualidade: a revolução da administração*. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.

⁴ JURAN, Joseph M.; GODFREY, A. Blanton. *Juran's Quality Handbook*. 5 ed. McGraw-Hill Professional. Nova York: McGraw Hill, 1998. A primeira edição foi publicada em 1951.

cada vez mais presentes na vida das pessoas. Porém, ganharam maior destaque nos últimos dois anos por causa dos efeitos da pandemia da COVID-19 nas formas de organização da sociedade.

Segundo informações divulgadas pela *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* – UNESCO (2021b), 191 países tiveram o funcionamento do seu sistema educacional afetado pelo isolamento físico devido à pandemia, o que impactou aproximadamente 1,5 bilhões de estudantes da educação básica e superior em todo o mundo. As atividades presenciais foram interrompidas e substituídas por atividades remotas, geralmente conduzidas de forma on-line, o que demandou uma urgente adaptação das instituições, professores e estudantes para a adoção de tecnologias móveis e digitais. Conforme descrito no relatório *COVID-19 and higher education: today and tomorrow*, diante dessa situação, as TICs digitais oportunizaram a continuação dos processos educacionais formais, contudo, diante de sua necessidade, tornaram-se mais evidentes diversos problemas econômicos e sociais, como a desigualdade que levou a diferentes possibilidades de acesso ao ensino (UNESCO, 2020).

No Brasil, a necessidade de distanciamento físico fez com que a modalidade de ensino presencial fosse revista por meio de Portarias, Medidas Provisórias e Leis publicadas pelo MEC e Presidência da República. Inicialmente, a Portaria nº 343/2020 (alterada pelas Portarias nº 345/2020 e nº 395/2020) e a Medida Provisória nº 934/2020 (convertida na Lei nº 14.040/2020) autorizaram a substituição de aulas presenciais por aulas mediadas por Tecnologias Digitais, resultando na modalidade denominada Ensino Remoto Emergencial (ERE). O ERE caracteriza-se pela transposição das aulas do ensino presencial em aulas síncronas com uso de tecnologias digitais interativas via internet ou por atividades assíncronas, por meio de materiais físicos e digitais disponibilizados aos estudantes (WILLIAMSON; EYNON; POTTER, 2020).

Apesar de se aproximar do modelo presencial, o ERE exigiu a expansão do uso de TICs e, consequentemente, a revisão das metodologias de ensino, o que pode gerar importantes transformações na educação para os próximos anos (UNESCO, 2020). Entre essas transformações, Bacich, Moran e Florentino (2021, p. 2) vislumbram o retorno das atividades presenciais integradas às atividades on-line, propondo o Ensino Híbrido como possível solução por meio da “comunicação verbal, presencial e síncrona com a comunicação textual, online e assíncrona”. Para isso, os autores observam que os problemas de acesso aos recursos digitais devem ser considerados ao definir as estratégias de ensino no momento pós-pandemia, propondo a expansão do Ensino Híbrido para a

Educação Híbrida, considerando a participação de todos e explorando diferentes combinações de espaços, tempos e metodologias.

Portanto, observa-se como tendência a incorporação das Tecnologias Digitais no ensino e na aprendizagem devido às demandas do mundo do trabalho e da sociedade, acelerada pelo Ensino Remoto Emergencial experimentado nos últimos anos. Para isso, conteúdos e metodologias de ensino devem ser escolhidos de modo a oportunizar o desenvolvimento de competências pelos estudantes. Diante desse contexto, a seguir apresentam-se o tema, a questão de pesquisa e os objetivos deste trabalho.

1.2 TEMA, QUESTÃO DE PESQUISA E OBJETIVOS

Conforme as revisões sistemáticas da literatura realizadas por Henri, Johnson e Nepal (2017) e Cruz, Saunders-Smits e Groen (2019), é possível constatar que a América do Norte e a Europa são os principais polos de discussão sobre o ensino para o desenvolvimento de competências em cursos de Engenharia, e, comparado a eles, a baixa participação de pesquisas desenvolvidas sobre esse tema na América do Sul. Além disso, conforme exposto na seção de contextualização desse capítulo, os cursos de Engenharia brasileiros estão adaptando os currículos para a implementação de um ensino para o desenvolvimento de competências, buscando superar uma cultura de transmissão do conhecimento identificada desde os primeiros cursos ofertados. Diante do cenário apresentado, se reconhece como emergente a necessidade de realizar pesquisas sobre o desenvolvimento de competências no contexto dos cursos superiores de Engenharia brasileiros, os quais precisam adaptar-se às novas DCNs e atender as demandas da sociedade e do mundo do trabalho. Portanto, identifica-se como tema de pesquisa o desenvolvimento de competências por estudantes de engenharia mediante um modelo de ensino que integre conteúdos, tecnologias e metodologias adequadas, observando as lacunas de pesquisa identificadas por meio do Estado do Conhecimento, descritas no capítulo 2.

A pesquisa é desenvolvida a partir das seguintes hipóteses:

- 1) o ensino formal de engenharia pode fomentar o desenvolvimento de competências quando são utilizadas metodologias e recursos adequados;
- 2) as Metodologias Ativas de ensino, quando adequadas aos contextos em que são aplicadas, podem propiciar o desenvolvimento de competências;

- 3) as Tecnologias Digitais para a mediação do ensino, bem como as específicas à atuação dos engenheiros, podem ser contempladas nos cursos de Engenharia para o desenvolvimento de competências.

Tem-se a seguinte questão de pesquisa: como promover o ensino para o desenvolvimento de competências em um curso de Engenharia? Como solução, busca-se propor um modelo de ensino para o desenvolvimento de competências para os cursos de Engenharia, sendo este o objetivo geral. São objetivos específicos: (i) identificar os conteúdos, metodologias e tecnologias adequadas ao ensino para o desenvolvimento de competências em cursos de Engenharia; (ii) desenvolver uma experiência de aprendizagem para o desenvolvimento de competências adequado ao contexto de aplicação; (iii) avaliar o desempenho do modelo proposto quanto ao desenvolvimento de competências. No desenvolvimento da proposta, utiliza-se como referência o modelo *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK), que apresenta a influência das metodologias de ensino, as tecnologias e os conteúdos para o desenvolvimento de competências, proposto inicialmente por Mishra e Koehler (2006).

O modelo desenvolvido será implementado no curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), mais especificamente no componente curricular de Simulação. A Modelagem e a Simulação Computacional são indicadas pela Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO) como subáreas da profissão (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2018). Como abordagem metodológica, propõe-se o *Design Based Research* (DBR), considerando a realização da pesquisa em um ambiente real e complexo. De acordo com Anderson e Shattuck (2012), trata-se de uma metodologia de pesquisa desenvolvida no contexto educacional com o objetivo de aproximar a teoria e a prática e promover a inovação.

1.3 ESTRUTURA

No capítulo introdutório, buscou-se apresentar o contexto em que ocorre a pesquisa, as justificativas para sua realização, o tema, as hipóteses, a questão de pesquisa e os objetivos. A seguir, no segundo capítulo, apresenta-se o Estado do Conhecimento para teses e dissertações sobre o desenvolvimento de competências em cursos de Engenharia. No capítulo três, discorre-se sobre os pressupostos teóricos que embasam a pesquisa em questão. No capítulo quatro, são descritas as

abordagens e as metodologias de pesquisa seguidas para alcançar os objetivos propostos. Então, no quinto capítulo, são apresentados e discutidos os resultados. E, no capítulo 6, são declaradas as Considerações Finais.

2 ESTADO DO CONHECIMENTO

Neste capítulo são apresentados o Estado do Conhecimento sobre o ensino e a aprendizagem para o desenvolvimento de competências em cursos de Engenharia e o uso da Simulação Computacional no ensino de engenharia, organizados em subseções conforme os procedimentos propostos por Morosini, Kohls-Santos e Bittencourt (2021), descritos no capítulo de Metodologia. O primeiro Estado do Conhecimento teve como base de dados as teses e as dissertações produzidas no Brasil, com o objetivo de identificar as lacunas preenchidas por esse projeto. Já no segundo Estado do Conhecimento, buscou-se identificar entre as publicações científicas mais recentes, em uma abrangência mundial, como a Simulação Computacional pode ser empregada nos cursos de Engenharia.

2.1 ENSINO E APRENDIZAGEM PARA O DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS EM CURSOS DE ENGENHARIA BRASILEIROS

Procuram-se as respostas para as seguintes questões: (i) Quais as abordagens metodológicas dos estudos analisados? (ii) Quais competências são contempladas por estes estudos? (iii) Quais estratégias para o desenvolvimento de competências são abordadas? (iv) Quais estratégias para a avaliação de competências são abordadas? Espera-se, dessa forma, conhecer o estado atual de pesquisas desenvolvidas no contexto brasileiro, e identificar possibilidades para futuras pesquisas que contribuam no desenvolvimento dos cursos superiores de engenharia e na implementação do ensino para o desenvolvimento de competências. Os resultados expostos foram publicados por Garbin e Kampff (2021a).

2.1.1 *Corpus* de análise

A busca de trabalhos para a construção do *corpus* de análise foi realizada entre os dias 16 e 20 de abril do ano 2020, utilizando como base de dados a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD). Considerando o ano de publicação das primeiras Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia, definiu-se o intervalo entre os anos 2001 e 2020 como período de pesquisa. Na primeira etapa, buscou-se pelos termos “competência” e “engenharia” em

título, assunto e resumo dos trabalhos, retornando 1.043. Em uma leitura flutuante foi possível observar que muitos deles tratavam do desenvolvimento de competências no contexto empresarial, e, portanto, não contribuíam para o presente estudo.

Dessa forma, na segunda etapa da pesquisa, decidiu-se por incluir os termos “ensino superior” ou “educação superior” nos critérios de busca, resultando em um conjunto de duzentos e quatro documentos. No entanto, ao acessar alguns desses documentos, observou-se que não apresentavam os termos pesquisados em título, assunto e resumo dos trabalhos, mas em algum trecho no restante do texto, de maneira superficial. Para contornar essa situação, a base de dados foi exportada para uma planilha eletrônica utilizando o recurso disponível pela BDTD; e uma nova busca pelos termos foi realizada, resultando em cinquenta documentos que atendiam aos critérios de pesquisa. Entre os cinquenta documentos encontrados, verificou-se que um estava duplicado, sendo este excluído; e, assim, passou-se a ter quarenta e nove documentos para posterior avaliação.

Na quarta etapa da pesquisa, realizou-se uma análise mais profunda de títulos e resumos dos trabalhos, considerando os seguintes critérios de exclusão do conjunto de documentos: não tratar do ensino e da aprendizagem para o desenvolvimento de competências e não serem desenvolvidos no contexto dos cursos de graduação em Engenharia. Por consequência, dezoito trabalhos foram selecionados para a construção do Estado do Conhecimento de dissertações e teses sobre o desenvolvimento de competências no contexto dos cursos de graduação em Engenharia. No Quadro 1, apresentam-se as etapas da pesquisa realizada, os critérios de busca e seleção de documentos e as quantidades de documentos contemplados.

QUADRO 1 – BUSCA E SELEÇÃO DO CORPUS DE ANÁLISE SOBRE O ENSINO E A APRENDIZAGEM PARA O DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS EM CURSOS DE ENGENHARIA BRASILEIROS

Etapa	Critérios	Quantidade de documentos contemplados
1	Termos: competência e engenharia (título, resumo ou assunto)	1043
	Período: 2001 a 2020 (DCNs dos cursos de Engenharia)	
2	Termos: competência, engenharia e ensino superior (ou educação superior) (título, resumo ou assunto)	50
	Período: 2001 a 2020 (DCNs dos cursos de Engenharia)	
3	Exclusão dos repetidos	49

Etapa	Crêterios	Quantidade de documentos contemplados
4	Exclusão pelos seguintes cr�terios: não tratam do ensino e da aprendizagem para o desenvolvimento de competências; não são desenvolvidos no contexto dos cursos de gradua�o em Engenharia	18

Fonte: a autora (2022).

Nas se es a seguir, apresentam-se as pr ximas etapas para a constru o do Estado do Conhecimento.

2.1.2 Bibliografias anotada e sistematizada

Para a constru o das bibliografias anotada e sistematizada, buscou-se organizar em um quadro as seguintes informa es: ano de publica o, t tulo do trabalho, autor, resumo, n vel da p s-gradua o, objetivos do estudo, metodologia empregada e resultados obtidos. No Quadro 2, apresentam-se algumas dessas informa es para a identifica o das disserta es de mestrado e teses de doutorado analisadas na presente pesquisa.

QUADRO 2 – RESUMO DA BIBLIOGRAFIA ANOTADA SOBRE O ENSINO E A APRENDIZAGEM PARA O DESENVOLVIMENTO DE COMPET NCIAS EM CURSOS DE ENGENHARIA BRASILEIROS

MESTRADO		
Ano	Título	Autor
2004	Tipologia e frequência de métodos de ensino em disciplinas de forma�o profissionalizante em Engenharia de Produ�o	Nelma Salomé Silva Oliveira
2010	Sucesso e Insucesso na Educa�o Superior: as representa�es sociais dos estudantes do Centro Acadêmico do Agreste/UFPE	Neide Menezes Silva
2010	Descrevendo a (in)coerência entre consciência e práticas ambientais sustentáveis: um estudo com alunos de Engenharia Ambiental	Clara Yoshiko Hori
2015	Objeto de aprendizagem adaptativo no ensino da lógica booleana	Olivia Ramos Moraes Braga
2016	O papel do estágio curricular supervisionado: um estudo de caso dos cursos de Engenharia de produ�o do CEFET/RJ	Márcia das Neves Ferreira

MESTRADO		
Ano	Título	Autor
2016	Competências demandadas pelo mercado do norte do Brasil para a formação do engenheiro de produção	Gildemberg da Cunha Silva
2016	Competência intercultural e sua contribuição para carreira: estudo com alunos de graduação de uma Universidade do Vale do Paraíba Paulista	Michelle Welster Hatakana Rodolfo
2017	Relação empresa/instituição: um estudo sobre o estágio supervisionado obrigatório desenvolvido no curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Juiz de Fora	Antônio Sávio Teixeira Carneiro
2018	Educação empreendedora no ensino superior: proposta de um programa adequado ao contexto brasileiro	Marcelo Gaio Mancio
2018	Os Reflexos do Projeto Alfa Tuning América Latina no projeto pedagógico de curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia	Sinelândia Silva Santos
2018	A importância da formação profissional complementar de discentes do ensino superior como subsídio à inserção no mercado de trabalho	Edileia Bezerra Feitosa
DOUTORADO		
Ano	Título	Autor
2002	<i>New Profile for an Electric Engineer in the Beginning of the 21st Century</i>	Sinval Zaidan Gama
2013	Competências empreendedoras no processo de formação do extensionista rural	Vitória Augusta Braga de Souza
2015	Competências para a sustentabilidade/desenvolvimento sustentável: um modelo para a educação em engenharia no Brasil	Solange Maria Loureiro
2016	Matemática e estatística aplicadas a gestão da qualidade nos cursos de Engenharia de Produção no Brasil: um contraponto entre a formação e o mercado de trabalho	Valdir Carlos da Silva
2018	Modelo de avaliação do Aprendizado de Metacompetências (MAAM) em cursos de Engenharias	Simone Aparecida Tiziotto
2018	Processos avaliativos reflexivos integrados a tarefas contínuas no âmbito do ensino superior em física	Dioni Paulo Pastorio
2019	Modelo para avaliação de competências de estudantes de engenharia em fóruns on-line	Aline Cazarini Felício

Fonte: a autora (2022).

Foi possível observar que entre os dezoito trabalhos analisados, onze são dissertações de mestrado, e sete são teses de doutorado. Também se pode verificar que há um maior volume de pesquisas sobre a temática abordada na região sudeste do país, sendo onze trabalhos publicados

entre os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, conforme se pode verificar na Figura 1. Possivelmente, esta região se destaca quanto à produção devido a maior concentração de cursos de Engenharia, conforme verificam Oliveira *et al.* (2013).

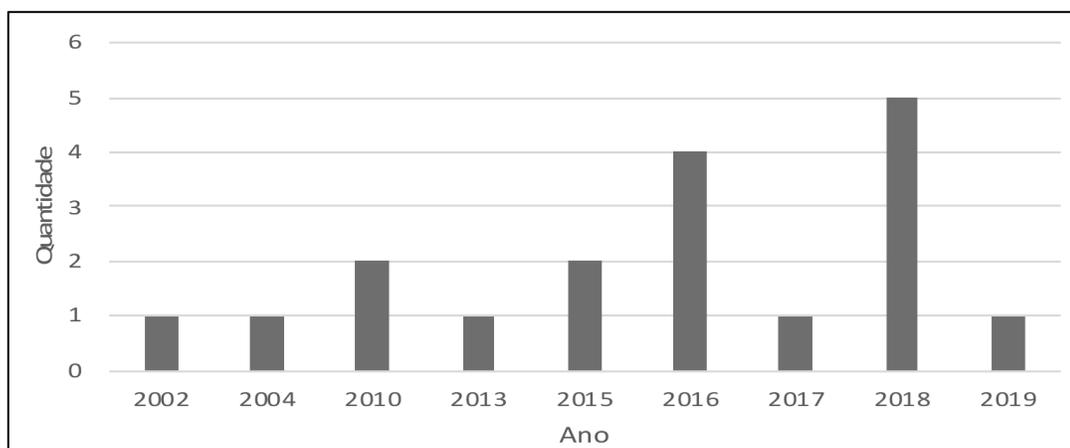
FIGURA 1 – DISTRIBUIÇÃO DOS ESTUDOS NO BRASIL SOBRE O ENSINO E A APRENDIZAGEM PARA O DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS EM CURSOS DE ENGENHARIA BRASILEIROS



Fonte: a autora (2022).

Também se observa um aumento de pesquisas nas temáticas relacionadas nos últimos cinco anos, período em que foram encontrados treze estudos, de modo que os cinco estudos restantes estão distribuídos nos quinze anos anteriores. No Gráfico 1, apresenta-se a distribuição de estudos ao longo do tempo.

GRÁFICO 1 – DISTRIBUIÇÃO DOS ESTUDOS SOBRE O ENSINO E A APRENDIZAGEM EM CURSOS DE ENGENHARIA BRASILEIROS AO LONGO DO TEMPO



Fonte: a autora (2022).

Quanto aos métodos empregados, os estudos analisados foram classificados conforme Gil (2017, 2019) e são apresentados no Quadro 3, respondendo a primeira questão de pesquisa desse Estado do Conhecimento. O procedimento de estudo de caso é a principal escolha dos pesquisadores, sendo identificado em sete dissertações e cinco teses, seguido pela pesquisa de campo presente em três teses, levantamento e análise documental identificadas em duas dissertações.

QUADRO 3 – MÉTODOS DE PESQUISA EMPREGADOS PELOS ESTUDOS ANALISADOS

Metodologia	Descrição	Dissertações Teses
Estudo de Caso	Estudo aprofundado e extenso de um ou poucos casos, obtendo amplo e detalhado conhecimento (GIL, 2017).	Gama (2002); Oliveira (2004); Silva, N. (2010); Braga (2015); Loureiro (2015); Ferreira (2016); Silva, V. (2016); Carneiro (2017); Feitosa (2018); Felício (2019); Mancio (2018); Pastorio (2018)
Pesquisa de Campo	Consulta direta às pessoas cujo comportamento se deseja conhecer, geralmente com o objetivo de realizar análises qualitativas (GIL, 2019).	Gama (2002); Souza (2013); Tiziotto (2018)
Levantamento	Consulta direta às pessoas cujo comportamento se deseja conhecer,	Hori (2010); Rodolfo (2016)

Metodologia	Descrição	Dissertações Teses
	geralmente com o objetivo de realizar análises quantitativas (GIL, 2017).	
Análise Documental	Utilizam-se documentos para consulta, elaborados com finalidades diversas, geralmente internos à organização (GIL, 2017).	Silva (2016); Santos (2018)

Fonte: a autora (2022).

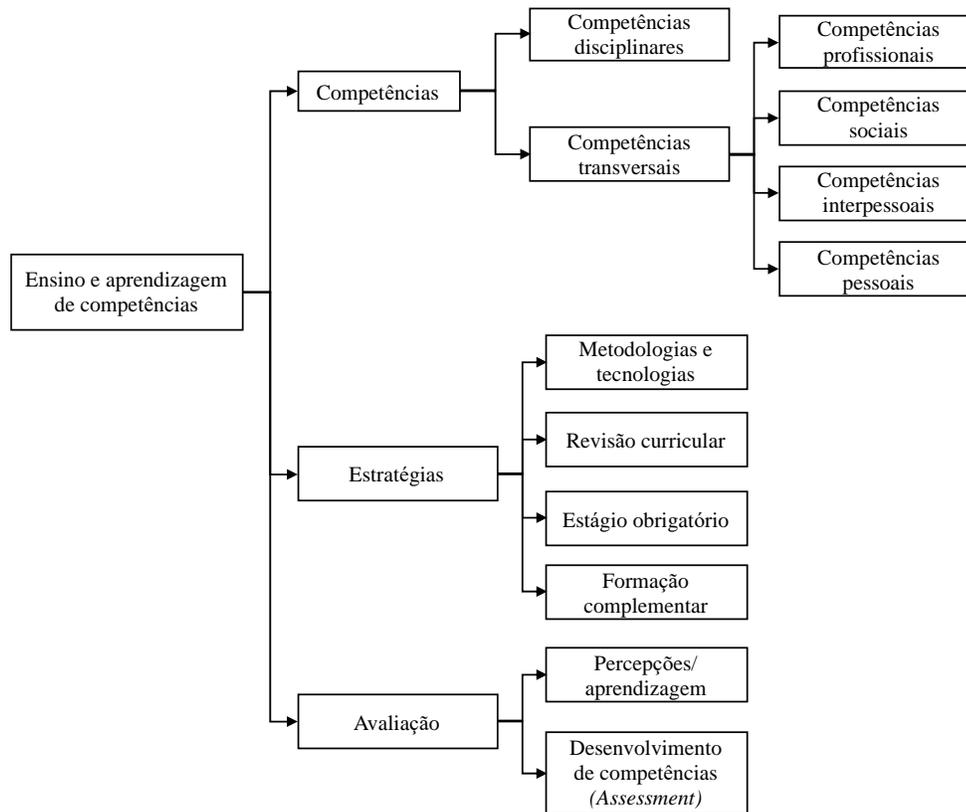
Quanto à abordagem, predomina a análise qualitativa dos dados, utilizada em nove dissertações e sete teses. Entre estas, duas teses e duas dissertações também fazem uso de análise quantitativa empregando uma abordagem mista. Por fim, apenas duas dissertações fazem uso exclusivo da análise quantitativa. Esse resultado vai ao encontro dos achados de Henri, Johnson e Nepal (2017), os quais identificaram entre os 60 estudos analisados, apenas 25 com abordagem quantitativa. Apesar de esta ser uma representação maior do que a encontrada nesse estudo, os autores citados recomendam o desenvolvimento de mais estudos empíricos com abordagem quantitativa, com o objetivo de evidenciar o domínio de competências por parte dos estudantes. Segundo os autores, as pesquisas qualitativas sobre o desenvolvimento de competências geralmente descrevem estratégias e apresentam opiniões dos participantes, sendo esses aspectos importantes para o desenvolvimento da temática. Contudo, também é preciso demonstrar os efeitos obtidos a partir das estratégias relatadas, sendo os métodos quantitativos adequados para validar relações de causa e efeito.

A seguir apresenta-se a bibliografia categorizada, dando sequência à construção do Estado do Conhecimento.

2.1.3 Bibliografia categorizada

Na fase seguinte de construção do Estado do Conhecimento, os trabalhos foram organizados em categorias definidas a partir da leitura dos textos, apresentadas em um diagrama na Figura 2.

FIGURA 2 – DIAGRAMA DA BIBLIOGRAFIA CATEGORIZADA SOBRE O ENSINO E A APRENDIZAGEM PARA O DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS EM CURSOS BRASILEIROS



Fonte: a autora (2022).

Foi possível observar que os estudos analisados abordam as competências demandadas aos engenheiros, estratégias para seu desenvolvimento, avaliação de estudantes ou avaliação institucional. Conforme esclarece Scallon (2015), estratégias resultam em atividades de ensino e aprendizagem para o desenvolvimento de competências. O autor também define a avaliação de estudantes como um processo mais amplo que envolve coleta de informações diversas e julgamentos feitos durante sua progressão, atribuindo o termo *assessment*. Essa se diferencia da avaliação institucional, que, por sua vez, busca identificar percepções quanto ao desenvolvimento de competências entre interessados. Na categoria estratégias também foi possível observar subcategorias, sendo estas: abordagens e metodologias de ensino com uso de tecnologias, revisão curricular, estágios e formação complementar.

Quanto às competências contempladas, podem ser transversais ou específicas. Segundo Scallon (2015), as competências transversais integram saberes e habilidades de várias disciplinas,

ou seja, são mais abrangentes que as competências específicas. Além disso, as competências transversais podem ser subdivididas em competências do âmbito social, interpessoal, pessoal e profissional, conforme Zabala e Arnau (2010).

Entre os trabalhos que apresentam estratégias para o desenvolvimento de competências, sete são dissertações de mestrado e três são teses de doutorado. As estratégias, suas descrições e os respectivos autores são apresentados no Quadro 4.

QUADRO 4 – ESTRATÉGIAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS ADOTADAS PELOS ESTUDOS ANALISADOS

Estratégia	Autores	Descrição
Tecnologias	Oliveira (2004)	Simulação e recursos audiovisuais em cursos de Engenharia de Produção.
	Braga (2015)	Desenvolvimento de um objeto de aprendizagem adaptativo usando técnicas de Hiperídia Adaptativa e Inteligência Artificial para simulação dos conceitos de Álgebra e Lógica Booleana em cursos de Engenharia Elétrica, entre outros tecnológicos.
	Pastorio (2018)	Atividades didáticas para resolução de problemas, propostas com base na Sala de Aula Invertida, para cursos de Engenharia.
	Felício (2019)	Avaliação do desenvolvimento de competências por meio de atividades em fóruns on-line, em cursos de Engenharia de Produção, Engenharia Química e Engenharia Mecânica, entre outros cursos de diferentes áreas.
Reestruturação dos currículos	Loureiro (2015)	Modelo genérico de reestruturação curricular para a implementação da sustentabilidade nos cursos de Engenharia, apontando oportunidades e barreiras e suas relações, que afetam essa incorporação.
	Mancio (2018)	Programa de educação empreendedora no contexto universitário, composto por 3 disciplinas para cursos de Engenharia.
	Santos (2018)	Análise de propostas para a educação superior em nível internacional, com base no Projeto Alfa Tuning América Latina.
Estágio Supervisionado	Ferreira (2016)	Contribuição do estágio para a formação profissional em cursos de Engenharia de Produção.
	Carneiro (2017)	Ênfase na relação entre as Instituições de Ensino, Alunos e Empresas para o desenvolvimento de competências em cursos de Engenharia de Produção.

Estratégia	Autores	Descrição
Formação complementar	Feitosa (2018).	Formação complementar para o desenvolvimento de competências gerais e comportamentais por alunos dos cursos de Engenharia Civil.

Fonte: a autora (2022).

Nos trabalhos analisados, o uso de tecnologias – como simulador e ambiente virtual de aprendizagem – é proposto por Oliveira (2004), Braga (2015), Pastorio (2018) e Felício (2019). Felício (2019) e Pastorio (2018) propõem que o ambiente virtual de aprendizagem seja utilizado como ferramenta de apoio ao ensino, por meio da participação dos alunos em fóruns de discussão e a realização de tarefas on-line, respectivamente. Oliveira (2004) e Braga (2015) identificam que a simulação computacional pode auxiliar o processo de aprendizagem dos alunos.

Ainda sobre os trabalhos contemplados na categoria de estratégias, Loureiro (2015), Mancio (2018) e Santos (2018) realizaram propostas para a reestruturação dos currículos de cursos de Engenharia. Segundo os autores, diversos são os fatores em um currículo que influenciam no desenvolvimento de competências, os quais precisam ser planejados de forma conjunta. Com relação às atividades que integram o currículo, destaca-se o estágio supervisionado, abordado por Ferreira (2016) e Carneiro (2017), que o consideram fundamental para a formação profissional. Ferreira (2016) argumenta que o estágio é a oportunidade de o aluno apresentar-se ao mercado de trabalho e desenvolver competências. Carneiro (2017) complementa que, ao realizar o estágio, os alunos podem colocar em prática os conteúdos estudados durante a graduação, com apoio e supervisão de profissionais qualificados. Por fim, a formação complementar para o desenvolvimento de competências é abordada por Feitosa (2018), que sugere a participação dos estudantes em atividades e eventos voltados à formação profissional e ao incentivo para que realizem estudos independentes, individuais e grupais, transversais e multidisciplinares em parcerias com empresas.

No que se refere às competências transversais, estas são tema de dez dissertações de mestrado e seis teses de doutorado. Zabala e Arnau (2010) classificam as competências desenvolvidas nas instituições de ensino em dimensões, sendo: a social, contemplando àquelas que tornam as pessoas competentes para participar de transformações sociais, intervindo de maneira crítica, responsável, solidária e democrática; a interpessoal, que inclui as formas de relacionamento, comunicação e cooperação; a pessoal, na qual o indivíduo se torna competente para atuar de forma

autônoma, criativa e livre; e a profissional, que compreende conhecimentos e habilidades específicos da profissão. Os autores, as competências abordadas e as classificações são apresentadas no Quadro 5.

QUADRO 5 – COMPETÊNCIAS ABORDADAS EM CURSOS DE ENGENHARIA BRASILEIROS

Autores	Competências	Subcategorias			
		Profissional	Social	Interpessoal	Pessoal
Gama (2002)	Competências demandadas ao engenheiro eletricitista pelo mercado de trabalho	x	x	x	x
Oliveira (2004)	Competências demandadas ao engenheiro de produção pelo mercado de trabalho	x	x	x	x
Hori (2010)	Competências para a sustentabilidade	x			
Silva (2010)	Autonomia e gestão da aprendizagem				x
Souza (2013)	Competências para o empreendedorismo	x			
Loureiro (2015)	Competências para a sustentabilidade	x			
Ferreira (2016)	Uso de tecnologias, comunicação, trabalho em equipe			x	x
Rodolfo (2016)	Competência intercultural		x		
Silva, G. (2016)	Competências demandadas ao engenheiro de produção pelo mercado de trabalho	x	x	x	x
Silva, V. (2016)	Competências demandadas ao engenheiro de produção pelo mercado de trabalho	x	x	x	x
Carneiro (2017)	Competências demandadas ao engenheiro de produção pelo mercado de trabalho	x	x	x	x

Autores	Competências	Subcategorias			
		Profissional	Social	Interpessoal	Pessoal
Feitosa (2018)	Competências demandadas ao engenheiro civil pelo mercado de trabalho	x	x	x	x
Mancio (2018)	Competências para o empreendedorismo	x			
Santos (2018)	Competências demandadas ao engenheiro civil pelo mercado de trabalho	x	x	x	x
Tiziotto (2018)	Metacompetências de gestão da informação, promoção de mudanças, sociodigital, gestão da aprendizagem e técnico-científica			x	x
Felício (2019)	Uso de tecnologias, como fóruns on-line, comunicação, trabalho em equipe e pensamento crítico para resolução de problemas			x	x
Total		11	8	10	11

Fonte: a autora (2022).

Entre esses trabalhos, competências profissionais são abordadas por Gama (2002), Oliveira (2004), Silva, G. (2016), Silva, V. (2016), Carneiro (2017), Feitosa (2018) e Santos (2018). Segundo os autores, deve-se propiciar a formação por competências técnicas e específicas da área de formação profissional, como também as de integração de conhecimentos, a fim de elaborar soluções que se preocupem com as questões relacionadas à economia, à política, à cultura e ao social. Dessa forma, os trabalhos desses autores, além do trabalho de Rodolfo (2016), também contemplam competências do âmbito social. Rodolfo (2016) argumenta que a competência intercultural é um diferencial dos alunos em um mundo globalizado, visando uma melhor colocação no mercado de trabalho e o desenvolvimento da carreira. Ainda entre as competências profissionais, Hori (2010) e Loureiro (2015) abordam a sustentabilidade, enquanto Souza (2013) e Mancio (2018) abordam o empreendedorismo em seus trabalhos, reconhecendo suas importâncias no contexto econômico do país.

Competências interpessoais são analisadas por Gama (2002), Oliveira (2004), Silva, G. (2016), Silva, V. (2016), Ferreira (2016), Carneiro (2017), Feitosa (2018), Santos (2018), Tiziotto (2018) e Felício (2019), com destaque para a comunicação por meio de TICs. Esses autores também atentam para as competências pessoais, assim como Silva (2010), principalmente no que se refere à autonomia e à gestão da aprendizagem. Apenas dois trabalhos têm como escopo competências ligadas a uma disciplina específica. Braga (2015) propõe um mecanismo de ensino e aprendizagem para a lógica booleana. Já Pastorio (2018) desenvolveu uma sequência de atividades didáticas para a aprendizagem de física.

Com relação ao processo de avaliação dos alunos quanto ao desenvolvimento de competências (*assessment*), três teses de doutorado abordam a temática. Tiziotto (2018) desenvolveu um modelo formativo de avaliação do aprendizado de metacompetências, aplicável aos cursos de Engenharia, em contextos que utilizem metodologias ativas de ensino e aprendizagem. Pastorio (2018) apresenta uma sequência de atividades avaliativas, divididas em quatro diferentes grupos: (i) atividades introdutórias, (ii) testes à distância, (iii) testes presenciais e (iv) provas. Felício (2019) propõe um modelo de avaliação que utiliza rubrica analítica, a qual fornece retorno específico para cada uma das competências avaliadas, de acordo com os níveis da Taxonomia de Bloom.

Por fim, no que se refere à avaliação institucional, têm-se cinco dissertações de mestrado e duas teses de doutorado nesta categoria. Souza (2013), Ferreira (2016), Silva, G. (2016), Silva, V. (2016) e Carneiro (2017) buscam em seus estudos conhecer a percepção de gestores de empresas quanto ao desenvolvimento de competências pelos alunos de cursos de Engenharia, além das percepções dos próprios alunos e professores. Dessa forma, realizam uma análise sobre as demandas do mercado de trabalho quanto a conhecimentos e habilidades desses profissionais e o que é desenvolvido nas universidades. Já Hori (2010) e Rodolfo (2016) direcionam seus estudos aos alunos, com o objetivo de avaliar métodos empregados para o desenvolvimento de competências.

Considerando as informações descritas nessa seção, faz-se a análise e as proposições apresentadas na seção a seguir.

2.1.4 Bibliografia propositiva

Dessa forma, com base na categorização dos estudos em análise, é possível identificar os focos de pesquisa e as lacunas a serem preenchidas sobre o ensino e a aprendizagem para o desenvolvimento de competências em cursos superiores de Engenharia. Verifica-se maior interesse dos pesquisadores sobre as competências transversais, comparando-se com as competências específicas, respondendo a segunda questão de pesquisa deste Estado do Conhecimento. Entre as subcategorias das competências transversais há certa homogeneidade, já que as competências profissionais e pessoais são abordadas por onze trabalhos; seguidas pelas competências interpessoais, abordadas por dez trabalhos; e as competências sociais, identificadas em nove trabalhos. Assim, percebe-se que há o interesse em pesquisar sobre a formação integral dos engenheiros. Além disso, tem-se o reconhecimento de que as competências profissionais não são suficientes para que atuem no mercado de trabalho, sendo também importante desenvolver a autonomia e a criatividade, trabalhar em equipe e comunicar-se por meio de tecnologias, possuir características empreendedoras e atuar em prol da sustentabilidade.

Com o objetivo de propiciar o desenvolvimento dessas competências, buscou-se identificar as estratégias propostas pelos pesquisadores cujos trabalhos foram analisados, a fim de responder a terceira questão de pesquisa deste Estado do Conhecimento. Entre essas, pode-se identificar diferentes abordagens de ensino com o uso de TICs em quatro estudos, os quais vão ao encontro da necessidade de contemplar esses recursos no contexto educacional atual. É importante observar que o uso das TICs para interação entre alunos e professores, como fóruns on-line, apoia o desenvolvimento de competências relacionadas à comunicação. Já os simuladores, também verificados entre os estudos, permitem o desenvolvimento de habilidades para análise e solução de problemas, tão importantes para os engenheiros.

Entre as estratégias tem-se também a reformulação curricular, proposta por três estudos. Estes estão alinhados às novas DCNs dos cursos de Engenharia, que sugerem passar de uma abordagem de conteúdo para competências, implicando na revisão das disciplinas e das metodologias de ensino; além de que os estágios e a formação complementar são indicados como importantes na formação dos engenheiros. É interessante observar que essas estratégias são destacadas nas revisões desenvolvidas por Henri, Johnson e Nepal (2017) e Cruz, Saunders-Smiths e Groen (2019).

Quanto à avaliação das competências desenvolvidas, apenas três trabalhos apresentam esse foco. Assim, destaca-se o uso de rubricas, como apontam Cruz, Saunders-Smits e Groen (2019), o que responde a quarta questão de pesquisa desse Estado do Conhecimento. O fato de este tema ter um menor número de estudos do que a categoria de estratégias pode estar associado ao baixo nível de maturidade do ensino para o desenvolvimento de competências no contexto dos cursos de Engenharia e, conseqüentemente, ao interesse inicial de identificar formas de ensinar as competências demandadas aos engenheiros. Também se observou que somente teses contemplaram a avaliação de competências. Nesse aspecto, pressupõe-se que seja um tema que demanda mais tempo para a observação de resultados, sendo possível desenvolvê-lo em nível de doutorado.

2.2 USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL NO ENSINO DE ENGENHARIA

Além do Estado do Conhecimento sobre o ensino e a aprendizagem para o desenvolvimento de competências em cursos de engenharia brasileiros, visando mapear as abordagens metodológicas utilizadas nos estudos selecionados, as competências contempladas, as estratégias de desenvolvimento e de avaliação de tais competências, buscou-se realizar um outro Estado do Conhecimento, importante para a pesquisa proposta para a tese em desenvolvimento, que pretende aprofundar a utilização de Simulação Computacional em consonância com as abordagens de desenvolvimento de competências.

Assim, para o estudo apresentado nesta seção, procuram-se respostas para as seguintes questões: (i) Quais Metodologias de Ensino são empregadas junto à Simulação Computacional? (ii) Quais competências são desenvolvidas por essas abordagens? (iii) Como se avalia o desenvolvimento de competências? Espera-se, dessa forma, conhecer estudos de casos desenvolvidos no contexto brasileiro e internacional e identificar possibilidades para a proposição de um modelo para o desenvolvimento de competências.

2.2.1 Estado do conhecimento: Revista de Ensino de Engenharia

A base de dados considerada neste estudo foi a Revista de Ensino de Engenharia da Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE). Justifica-se essa escolha pelo escopo e delimitação do presente estudo, o qual busca explorar o uso da simulação para o ensino

em cursos de Engenharia no Brasil. A ABENGE tem como missão contribuir para o desenvolvimento do ensino de graduação e pós-graduação em Engenharia e Tecnologia no país, e a revista que mantém se destina à divulgação de trabalhos abordando aspectos didático-pedagógicos, científicos, tecnológicos, profissionais, políticos e administrativos quanto à educação em engenharia (ABENGE, s. a.). Os resultados expostos foram publicados por Garbin e Kampff (2021b).

2.2.1.1 *Corpus* de análise

A busca de trabalhos para a construção do *corpus* de análise foi realizada entre os dias 15 e 20 de março do ano 2021. Foram utilizados os termos “simulação” e “simulador”, sem restrição do período de publicação, resultando em quinze artigos. Na segunda etapa da pesquisa, realizou-se uma análise mais profunda de títulos e resumos dos trabalhos, considerando os seguintes critérios de exclusão do conjunto de documentos: não ser um relato de experiência em cursos de Engenharia; abordar encenação, jogos, Realidade Virtual ou Aumentada sem os objetivos da simulação, conforme referencial teórico deste trabalho; não usar simulação computacional. Por consequência, nove trabalhos foram selecionados para compor o *corpus* de análise, conforme indicado no Quadro 6.

QUADRO 6 – BUSCA E SELEÇÃO DO CORPUS DE ANÁLISE SOBRE O USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL EM CURSOS DE ENGENHARIA BRASILEIROS

Etapa	Critérios	Quantidade de documentos contemplados
1	Termos: “simulação” e “simulador” (título, resumo ou palavras-chave)	15
2	Exclusão pelos seguintes critérios: não ser um relato de experiência em cursos de Engenharia; abordar encenação, jogos, Realidade Virtual ou Aumentada sem os objetivos da simulação; não usar simulação computacional.	9

Fonte: a autora (2022).

Nas seções a seguir, apresentam-se as próximas etapas para a construção do Estado do Conhecimento.

2.2.1.2 Bibliografias anotada e sistematizada

Para a construção das bibliografias anotada e sistematizada, organizou-se um quadro com as seguintes informações: ano de publicação, título do trabalho, autor, resumo, objetivos do estudo e resultados obtidos. No Quadro 7, apresentam-se algumas dessas informações para a identificação dos artigos analisadas na presente pesquisa. Vale esclarecer que o trabalho de Siqueira e Fontes (2018) foi originalmente apresentado no Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, e posteriormente publicado na Revista de Ensino de Engenharia em uma edição especial.

QUADRO 7 – RESUMO DA BIBLIOGRAFIA ANOTADA SOBRE O USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL EM CURSOS DE ENGENHARIA BRASILEIROS

Ano	Título	Autores
1984	Sistemas Demonstrativos para Simulação de Redes Elétricas em Computador Digital	Peron, Sotille e Matsuda
2007	Simulação no ensino de engenharia: avaliando a aplicação do software SIMGERE sob o paradigma do "aprender a aprender"	Massukado e Schalch
2013	Vantagens do uso de Simuladores Gráficos no Curso de Programação em CNC para alunos de Engenharia Mecânica	Alves; Schimiguel e Araújo
2015	Simulação como ferramenta de ensino de engenharia: problematização e promoção da vivência em processos produtivos	Alberti, Furtado e Kipper
2016	Aprendizagem em Engenharia utilizando métodos analíticos e numéricos	Castelan, Milanez e Fritzen
2018	Utilização de simulação numérica para auxílio do ensino de engenharia e apoio a projetos de TCC	Siqueira e Fontes
2019	Conceitos de Planejamento e Controle da Produção: ensino por meio da simulação	Lage Júnior e Amin
2019	Planta Didática Termosolar para Estudo em Energia Renovável com Aplicações em: Modelagem, Simulação e Controle	Brito, Americano e Pepe
2020	Tecnologias Educacionais utilizadas por monitores dos cursos de Engenharia	Abreu e Melo

Fonte: a autora (2022).

Na Figura 3, pode-se verificar que há um maior volume de publicações sobre a temática abordada no estado de São Paulo (cinco publicações), enquanto os demais trabalhos estão distribuídos entre Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Bahia e Alagoas.

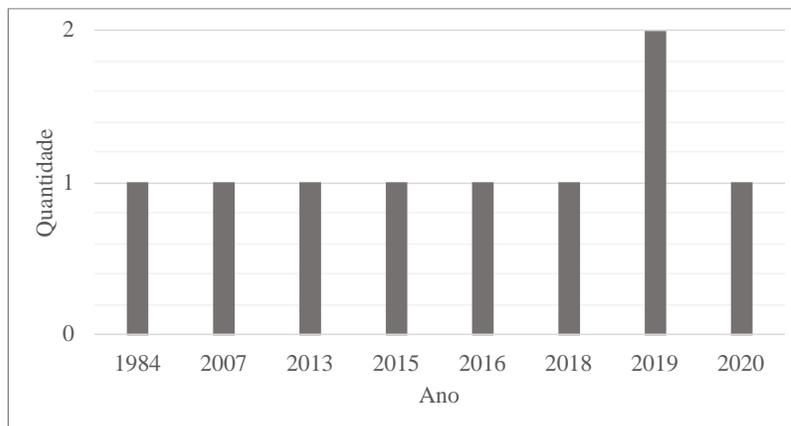
FIGURA 3 – DISTRIBUIÇÃO DOS ESTUDOS SOBRE O USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL EM CURSOS DE ENGENHARIA NO BRASIL



Fonte: a autora (2022).

Foi possível observar um aumento de publicações sobre o tema nos últimos cinco anos, período em que foram encontrados sete estudos dos nove analisados. Uma possível causa para o aumento de pesquisas sobre o uso de simulação no ensino de engenharia é a ampliação das discussões sobre as novas DCNs para os cursos de Engenharia, publicadas em 2019. Essas discussões tiveram início alguns anos antes da publicação, abrangendo temas como o uso de metodologias ativas e tecnologias no ensino. Também se observa que, após a primeira publicação em 1984, há um período expressivo em que não foram publicados artigos com o escopo deste estudo até 2007, sendo uma possível causa o desenvolvimento tecnológico e o acesso a recursos como computador e internet nas universidades. No Gráfico 2, apresenta-se a distribuição de estudos ao longo do tempo.

GRÁFICO 2 – DISTRIBUIÇÃO DOS ESTUDOS SOBRE O USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL EM CURSOS DE ENGENHARIA BRASILEIROS AO LONGO DO TEMPO



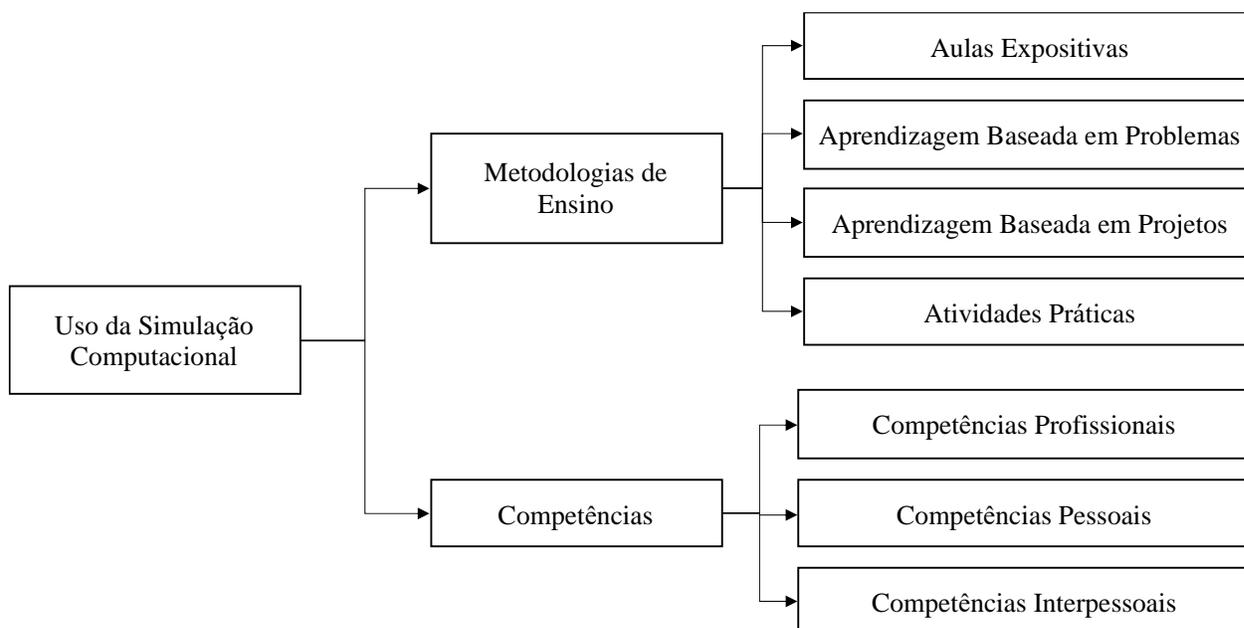
Fonte: a autora (2022).

Na subseção a seguir, apresenta-se a próxima fase da construção do Estado do Conhecimento sobre o uso da simulação computacional no ensino de engenharia.

2.2.1.3 Bibliografia categorizada

Nesta subseção apresenta-se a análise e a discussão sobre o *corpus* de análise. Para esta fase de construção do Estado do Conhecimento, os artigos que compõem o *corpus* de análise foram organizados em categorias definidas a partir das questões de pesquisa, sendo: competências desenvolvidas e metodologias de ensino complementares à simulação. Também foram definidas subcategorias de acordo com a literatura e a leitura dos documentos. As categorias e subcategorias são apresentadas na Figura 4.

FIGURA 4 – DIAGRAMA DA BIBLIOGRAFIA CATEGORIZADA SOBRE O USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL EM CURSOS DE ENGENHARIA BRASILEIROS



Fonte: a autora (2022).

Sete dos artigos contemplados neste estudo abordam o desenvolvimento de competência, principalmente no âmbito interpessoal, pessoal e profissional. No Quadro 8, apresenta-se uma matriz que relaciona os estudos analisados às competências de acordo com Zabala e Arnau (2010).

QUADRO 8 – COMPETÊNCIAS ABORDADAS PELOS ESTUDOS QUE TRATAM DO USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL EM CURSOS DE ENGENHARIA BRASILEIROS

Autores	Competências (ZABALA e ARNAU, 2010)		
	Interpessoal	Pessoal	Profissional
Massukado e Schalch (2007)	x	x	x
Alves, Schimiguel e Araújo (2013)	x		
Alberti, Furtado, Kipper (2015)	x	x	x
Castelan, Milanez e Fritzen (2016)	x		x
Siqueira e Fontes (2018)		x	x
Lage Júnior e Amin (2019)			x
Abreu e Melo (2020)	x		x

Fonte: a autora (2022).

No que se refere às competências interpessoais, Massukado e Schalch (2007), Alves, Schimiguel e Araújo (2013), Alberti, Furtado e Kipper (2015) e Castelan, Milanez e Fritzen (2016) citam a capacidade de trabalhar em grupo, de forma colaborativa. Massukado e Schalch (2007) esclarecem que, quando os alunos trabalham em grupo, tem-se a oportunidade de discutir os problemas estudados e os resultados encontrados. Além das interações que beneficiam o aprendizado, Alberti, Furtado e Kipper (2015) observam que os trabalhos desenvolvidos de forma colaborativa permitem aos alunos experimentar o convívio com os colegas de forma semelhante ao que ocorre nos ambientes profissionais. Outra forma de comunicação e interação é apresentada por Abreu e Melo (2020), que relatam as atividades de monitoria com o uso de tecnologias, as quais propiciaram o contato entre alunos mais experientes e os de início de curso, contribuindo para um maior comprometimento com as atividades acadêmicas e consequente aprendizado.

Quanto às competências pessoais, Massukado e Schalch (2007) e Alberti, Furtado e Kipper (2015) relatam que o uso da simulação e das metodologias de ensino adequadas podem auxiliar os alunos a se tornarem mais autônomos no processo de aprendizagem. Massukado e Schalch (2007) argumentam que a simulação possibilita relacionar teoria e prática, de modo que os alunos possam explorar problemas complexos e construir significados, pressupostos de uma aprendizagem autônoma. Já Alberti, Furtado e Kipper (2015) argumentam que a autonomia provém de uma participação mais ativa por parte dos alunos, incentivada pelo interesse em tecnologias digitais. Ainda na dimensão pessoal, a criatividade é indicada por Siqueira e Fontes (2018) como uma habilidade gerada pelos alunos que utilizam a simulação para a construção de soluções em seus trabalhos de conclusão de curso. Segundo os autores, a simulação permite a experimentação e a visualização de diferentes soluções para os problemas estudados.

Já o desenvolvimento de competências profissionais é abordado pela maior parte dos trabalhos analisados. São destaques as competências de modelagem, análise e solução de problemas (MASSUKADO; SCHALCH, 2007; ALBERTI; FURTADO; KIPPER, 2015; SIQUEIRA; FONTES, 2018); condução de experimentos (LAGE JÚNIOR; AMIN, 2019; ABREU; MELO, 2020); visão espacial, coordenação motora e uso de computadores (CASTELAN; MILANEZ; FRITZEN, 2016). Siqueira e Fontes (2018) descrevem que, para desenvolver os estudos de simulação, os alunos precisam observar, modelar, medir, propor e validar soluções, de modo que desenvolvam habilidades e conhecimentos necessários para a modelagem, análise e solução de problemas. Os softwares de simulação também podem auxiliar no entendimento de

conceitos e teorias, como o GeoGebra utilizado para explorar os conceitos de geometria e álgebra, de acordo com Lage e Amin (2019). Por fim, segundo Castelan, Milanez e Fritzen (2016), as competências necessárias para o *design* gráfico – visão espacial, coordenação motora e uso de computadores – podem ser desenvolvidas com auxílio dos softwares CAD e CAE.

O desenvolvimento das competências mencionadas ocorre por processos de ensino e aprendizagem múltiplos, contínuos, híbridos, formais e informais, organizados e abertos, intencionais e não intencionais, de acordo com Moran (2018). Segundo o autor, nos processos formais, os professores podem utilizar diferentes metodologias de ensino para atingir os objetivos de aprendizagem. Quanto às metodologias de ensino empregadas nos estudos analisados, além da simulação, observa-se a associação de mais de uma estratégia, com destaque para as aulas expositivas, as atividades práticas e as Aprendizagens Baseadas em Problemas e Projetos. No Quadro 9, apresenta-se uma matriz que relaciona os estudos analisados às metodologias de ensino empregadas.

QUADRO 9 – METODOLOGIAS DE ENSINO ADOTADAS PELOS ESTUDOS QUE TRATAM DO USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL EM CURSOS DE ENGENHARIA BRASILEIROS

Autores	Metodologias de Ensino				
	Simulação	Aulas expositivas	Aprendizagem Baseada em Problemas	Aprendizagem Baseada em Projetos	Atividades práticas
Peron, Sotille e Matsuda (1984)	x	x			
Massukado e Schalch (2007)	x		x		x
Alves, Schimiguel e Araújo (2013)	x	x	x		x
Alberti, Furtado, Kipper (2015)	x		x		x
Castelan, Milanez e Fritzen (2016)	x	x		x	x
Siqueira e Fontes (2018)	x			x	
Lage Júnior e Amin (2019)	x	x			

Autores	Metodologias de Ensino				
	Simulação	Aulas expositivas	Aprendizagem Baseada em Problemas	Aprendizagem Baseada em Projetos	Atividades práticas
Brito, Americano e Pepe (2019)	x			x	
Abreu e Melo (2020)	x				x

Fonte: a autora (2022).

Aula expositiva com o apoio da simulação para a demonstração dos conceitos foi a abordagem relatada por Peron, Sotille e Matsuda (1984) e Lage e Amin (2019). Além da exposição, as Aprendizagens Baseadas em Problemas e Projetos são incorporadas como estratégias de ensino por Alves, Schimiguel e Araújo (2013) e Castelan, Milanez e Fritzen (2016), respectivamente, junto com o trabalho em grupo. Como resultado das novas estratégias incorporadas, os autores relatam maior participação e interesse dos estudantes nas aulas.

A Aprendizagem Baseada em Problemas e resolução de exercícios também são descritas por Massukado e Schalch (2007) e Alberti, Furtado e Kipper (2015), além de Alves, Schimiguel e Araújo (2013). Os autores relatam que, por meio dessa metodologia, os estudantes puderam colocar em prática os conceitos abordados, suscitando dúvidas e integrando conhecimentos de diferentes áreas. Como consequência, observam o desenvolvimento de competências importantes para os profissionais engenheiros. Já a Aprendizagem Baseada em Projetos consta nos trabalhos de Siqueira e Fontes (2018) e Brito, Americano e Pepe (2019), além de Castelan, Milanez e Fritzen (2016). Como resultado da abordagem, os autores enfatizam a aproximação dos estudantes com situações reais que irão vivenciar profissionalmente. Por fim, a resolução de exercícios é a estratégia relatada por Alves, Schimiguel e Araújo (2013), Castelan, Milanez e Fritzen (2016) e Abreu e Melo (2020), sendo que os últimos autores também descrevem a abordagem de monitoria como mediação dos processos de aprendizagem.

Considerando as informações descritas nessa subseção, faz-se a análise e as proposições apresentadas na subseção a seguir.

2.2.2 Bibliografia propositiva

No presente estudo realizou-se uma revisão da literatura em um dos principais periódicos brasileiros destinados à divulgação de pesquisas sobre o ensino de engenharia. Para isso, utilizou-se o método de Mapeamento do Estado do Conhecimento, o qual se mostrou adequado para atingir o objetivo de caracterizar o uso da simulação para o ensino de engenharia.

Por meio da análise de nove artigos foi possível identificar que o principal objetivo da simulação é a visualização e a animação, de forma a demonstrar conceitos e teorias, contribuindo para a compreensão e o consequente aprendizado dos estudantes. Ademais, a simulação associada a outras metodologias de ensino propicia o desenvolvimento, principalmente de competências profissionais, além de interpessoais e pessoais. Entre as outras metodologias de ensino utilizadas junto à simulação para o desenvolvimento de competências e encontradas nos artigos selecionados, destacam-se as aulas expositivas e os trabalhos em grupo, seguidos das Aprendizagens Baseadas em Problemas e Projetos e resolução de exercícios.

2.2.3 Estado do Conhecimento: base de dados Scopus

A base de dados considerada neste segundo estudo, relacionada ao uso da simulação no ensino de engenharia, foi a Scopus, devido à sua importância para a área de Engenharia e à sua abrangência internacional. Na seção a seguir, descreve-se a construção do *corpus* de análise.

2.2.3.1 Corpus de análise

A busca de trabalhos para a construção do *corpus* de análise foi realizada entre os dias 15 e 16 de março do ano 2021, utilizando a base de dados Scopus. Definiu-se o intervalo entre os anos 2016 e 2021 como período de pesquisa, possibilitando identificar as aplicações mais recentes da Simulação no ensino de engenharia. Buscou-se pelos termos “engineering” e “simulat*” e “competence ou skill ou ability ou capacity” e “education ou graduat* ou undergraduat*” em título, resumo ou palavras-chave de artigos no idioma inglês, retornando 239 documentos. Entre esses se verificou que dezesseis documentos estavam duplicados, sendo excluídos, e, portanto, passou-se a ter 223 documentos para posterior avaliação.

Na quarta etapa da pesquisa, realizou-se uma análise mais profunda de títulos e resumos dos trabalhos, considerando os seguintes critérios de exclusão do conjunto de documentos: não ser um relato de experiência em cursos de Engenharia; não avaliar as competências desenvolvidas pelos estudantes; abordar encenação, jogos, Realidade Virtual ou Aumentada sem os objetivos da simulação, conforme referencial teórico deste trabalho; não usar simulação computacional. Por consequência, cinquenta trabalhos foram selecionados para a construção do Estado do Conhecimento sobre o desenvolvimento de competências no contexto dos cursos de graduação em Engenharia envolvendo o uso da simulação. No Quadro 10, apresentam-se as etapas da pesquisa realizada, os critérios de busca e a seleção de documentos e as quantidades de documentos contemplados.

QUADRO 10 – INFORMAÇÕES SOBRE A BUSCA E A SELEÇÃO DO CORPUS DE ANÁLISE SOBRE O USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL NO ENSINO DE ENGENHARIA NA BASE DE DADOS SCOPUS

Etapa	Critérios	Quantidade de documentos contemplados
1	Termos: “engineering” e “simulat*” e “competence ou skill ou ability ou capacity” e “education ou graduat* ou undergraduat*” (título, resumo ou palavras-chave)	239
	Período: 2016 a 2021	
2	Exclusão dos repetidos	223
4	Exclusão pelos seguintes critérios: não ser um relato de experiência em cursos de Engenharia; não avaliar as competências desenvolvidas pelos estudantes; abordar encenação, jogos, Realidade Virtual ou Aumentada sem os objetivos da simulação; não usar simulação computacional.	50

Fonte: a autora (2022).

Nas seções a seguir, apresentam-se as próximas etapas para a construção deste Estado do Conhecimento.

2.2.3.2 Bibliografias anotada e sistematizada

Para a construção das bibliografias anotada e sistematizada, buscou-se organizar em um quadro as seguintes informações: ano de publicação, título do trabalho, autor, resumo, nível da pós-

graduação, objetivos do estudo, metodologia empregada e resultados obtidos. No Quadro 11, apresentam-se algumas dessas informações para a identificação dos artigos analisados na presente pesquisa.

QUADRO 11 – RESUMO DA BIBLIOGRAFIA ANOTADA SOBRE O USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL NO ENSINO DE ENGENHARIA

Ano	Título	Autores
2021	<i>Lab at home: 3D printed and low-cost experiments for thermal engineering and separation processes in COVID-19 time.</i>	Larriba <i>et al.</i>
2021	<i>Distributed wind power virtual simulation experiment system for cultivating the ability to solve complex engineering problems.</i>	Hu, Duan e Wang
2021	<i>Engineering Curriculum in Support of Industry 4.0.</i>	Eppes <i>et al.</i>
2021	<i>Impact of modelling and simulation in solving complex problems in first year engineering course.</i>	Asundi, Kandakatla e Joshi
2021	<i>Enhancing student learning and engagement in the course on computer networks.</i>	Chandrasekaran, Anitha e Pandeewari
2021	<i>KMS platform: A complete tool for modeling chemical and biochemical reactors.</i>	Molina <i>et al.</i>
2021	<i>A hands-on approach in teaching computer organization & architecture through project based learning.</i>	Nayak <i>et al.</i>
2021	<i>Bridging the gap between student instruction and advanced research: Educational software tool for manufacturing learning.</i>	Urbikain; Lacalle
2020	<i>Effects of inquiry, computer simulation, and cooperation with intergroup competition on electrical engineering students.</i>	Siam; Abdo
2020	<i>The effectiveness of computer-based simulations for numerical methods in engineering.</i>	Tudon-Martinez <i>et al.</i>
2020	<i>An empirical study of the virtual simulation system teaching method in NC machining.</i>	Li <i>et al.</i>
2020	<i>On learning-based approaches in power electronics engineering curriculum: A high switching inchworm motor drive case study.</i>	Shome; Jana e Bhattacharjee
2020	<i>Design of learning media: Modeling & simulation of building thermal comfort optimization system in building physics course.</i>	Wati e Widiensyah
2020	<i>Evidence-based control engineering education: Evaluating the LCSD simulation tool.</i>	Marin <i>et al.</i>
2020	<i>Simulation for senior undergraduate education of robot engineering based on Webots.</i>	Yue <i>et al.</i>

Ano	Título	Autores
2020	<i>An ISMP Approach for Promoting Design Innovation Capability and Its Interaction with Personal Characters.</i>	Chen, He e Yang
2020	<i>Simulation of flow properties of differently shaped particles using the discrete element method.</i>	Berkinova; Yermukhambetova e Golman
2020	<i>Establishment of an experimental-computational framework for promoting Project-based learning for vibrations and controls education.</i>	Liu <i>et al.</i>
2019	<i>Short CFD simulation activities in the context of fluid-mechanical learning in a multidisciplinary student body.</i>	Rodríguez-Martín <i>et al.</i>
2019	<i>Integrating multiple state-of-the-art computer-aided design tools in microelectronics circuit design classes.</i>	Abugarbieh e Marar
2019	<i>Impact of simulation fidelity on student self-efficacy and perceived skill development in maritime training.</i>	Renganayagalu <i>et al.</i>
2019	<i>An Excel VBA-based educational module for simulation and energy optimization of spray drying process.</i>	Golman e Yermukhambetova
2019	<i>Different Didactical Approaches Using a Remote Lab: Identification of Impact Factors.</i>	Lima; Viegas e Garcia-Penalvo
2019	<i>A reflective practicum for transforming instructor's industrial skills into the teaching of radio frequency techniques and systems.</i>	Al-Rizzo <i>et al.</i>
2019	<i>Assessing the impact of reflective activities in digital and analog electronics courses.</i>	Clark e Dickerson
2019	<i>Applying PBL methodologies to the chemical engineering courses: Unit operations and modeling and simulation, using a joint course project</i>	Ballesteros <i>et al.</i>
2019	<i>Tulip contacts: Experimental studies of electrical contacts in dynamic layout with the use of FEM software.</i>	Kolimas, Lapczynski e Szulborski
2019	<i>Student perceptions of an active learning module to enhance data and modeling skills in undergraduate water resources engineering education.</i>	Habib <i>et al.</i>
2019	<i>Data-driven design as a vehicle for BIM and sustainability education.</i>	Benner e McArthur
2018	<i>Project-based pedagogy in interdisciplinary building design adopting BIM.</i>	Jin <i>et al.</i>
2018	<i>Social and Tactile Mixed Reality Increases Student Engagement in Undergraduate Lab Activities.</i>	Barrett <i>et al.</i>
2018	<i>Modeling, simulation, and implementation issues of CPGs for neuromorphic engineering applications.</i>	Korkmaz, Öztürk e Kiliç
2018	<i>Supporting student learning of chemical reaction engineering using a socially scaffolded virtual laboratory concept.</i>	Naukkarinen e Sainio
2018	<i>Multi Loop Control: Some Aspects with regard to Engineering Education.</i>	Zupancic

Ano	Título	Autores
2018	<i>A Unity3D-based interactive three-dimensional virtual practice platform for chemical engineering.</i>	Ouyang <i>et al.</i>
2018	<i>A novel virtual simulation teaching system for numerically controlled machining.</i>	Li <i>et al.</i>
2018	<i>Project-based learning applied to distillation and absorption education: Integration between industry and a chemical engineering undergraduate course.</i>	Fregolente <i>et al.</i>
2018	<i>Advancement of a virtual training system for marine engineers.</i>	Pattabhiraman
2017	<i>Case study of enquiry-based learning designed for rotating magnetic fields in electric machinery course.</i>	Huijuan, Zhenyang e Tengfei
2017	<i>Students' Development of Representational Competence Through the Sense of Touch.</i>	Magana e Balachandran
2017	<i>An inverted classroom approach to educate MATLAB in chemical process control.</i>	Li e Huang
2017	<i>Teaching mode of mechanical design course based on simulation analysis technology.</i>	Li <i>et al.</i>
2016	<i>The potential of technology assisted engineering problem solving tool for engineering education.</i>	Lee e Sidhu
2016	<i>Interactive computer simulation and animation for improving student learning of particle kinetics.</i>	Fang e Guo
2016	<i>Design and Application of Interactive Simulations in Problem-Solving in University-Level Physics Education.</i>	Caberio, Almudí e Franco
2016	<i>Enhancing the T-shaped learning profile when teaching hydrology using data, modeling, and visualization activities.</i>	Sanchez <i>et al.</i>
2016	<i>Simulation in software engineering education: A system dynamics proposal.</i>	Garcia-Alvarez, Varela-Candamio e Morollon
2016	<i>Establishing the Connection between Control Theory Education and Application: An Arduino Based Rapid Control Prototyping Approach.</i>	Cheng <i>et al.</i>
2016	<i>Analysis of student interactions with browser-based interactive simulations.</i>	Branch e Butterfield
2016	<i>Connection theory and software: Experience with an undergraduate finite element course.</i>	Smith e Davis

Fonte: a autora (2022).

Foi possível constatar que os artigos estão distribuídos em vinte e nove periódicos, conforme Quadro 12, com destaque para o *Computer Applications in Engineering Education*, com

20% das publicações. Também é possível observar que quinze periódicos têm seus títulos associados à área Educação.

QUADRO 12 – PERIÓDICOS EM QUE OS ESTUDOS ANALISADOS FORAM PUBLICADOS

Periódicos	Quantidade de artigos publicados
<i>Computer Applications in Engineering Education</i>	10
<i>Education for Chemical Engineers</i>	5
<i>Journal of Engineering Education Transformations</i>	3
<i>Computers in Education Journal</i>	2
<i>IEEE Access</i>	2
<i>International Journal of Electrical Engineering Education</i>	2
<i>International Journal of Engineering Education</i>	2
<i>International Journal of Mechanical Engineering Education</i>	2
<i>Journal of Science Education and Technology</i>	2
<i>Advanced Science Letters</i>	1
<i>Applied Sciences</i>	1
<i>Buildings</i>	1
<i>Chemical Engineering Transactions</i>	1
<i>Engineering, Construction and Architectural Management</i>	1
<i>Hydrology and Earth System Sciences</i>	1
<i>IEEE Transactions on Education</i>	1
<i>IFAC-PapersOnLine</i>	1
<i>International Journal of Emerging Technologies in Learning</i>	1
<i>International Journal of Learning</i>	1
<i>International journal of online and biomedical engineering</i>	1
<i>International Journal of Technology and Human Interaction</i>	1
<i>International Journal on Interactive Design and Manufacturing</i>	1
<i>Journal of Chemical Education</i>	1
<i>Journal of Computer Assisted Learning</i>	1
<i>Journal of Engineering and Applied Sciences</i>	1
<i>Jurnal Pendidikan IPA Indonesia</i>	1
<i>Research in Science and Technological Education</i>	1

Periódicos	Quantidade de artigos publicados
<i>Revista Iberoamericana de Tecnologias del Aprendizaje</i>	1
<i>TransNav</i>	1

Fonte: a autora (2022).

Na Figura 5, pode-se verificar que há um maior volume de publicações sobre a temática abordada no continente asiático (vinte artigos), seguido do continente americano (dezessete publicações) e continente europeu (treze publicações), conforme os países de origem dos primeiros autores. Entre os países, destacam-se os Estados Unidos da América e a China, com 24% e 18% das publicações, respectivamente.

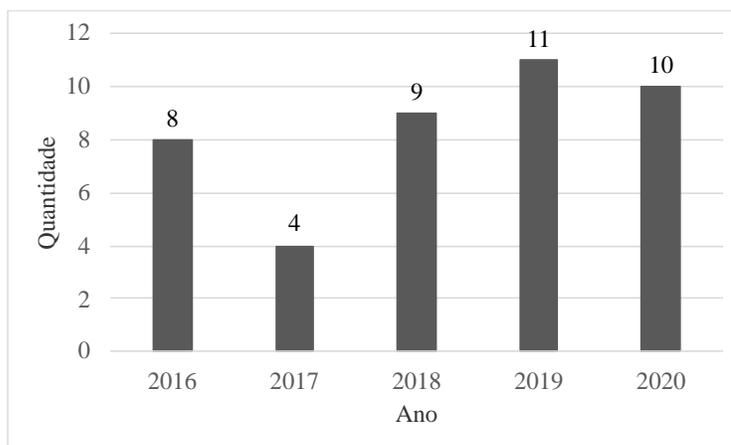
FIGURA 5 – DISTRIBUIÇÃO DOS ESTUDOS ANALISADOS NO MUNDO



Fonte: a autora (2022).

Também se observa um aumento de pesquisas nas temáticas relacionadas aos últimos quatro anos, período em que foram encontrados trinta e oito estudos. Somente em 2021, até o mês de março, foram selecionados oito artigos, o que permite supor um possível aumento se comparado aos anos anteriores. No Gráfico 3, apresenta-se um gráfico de barras com a distribuição de estudos ao longo do tempo, entre 2016 e 2020.

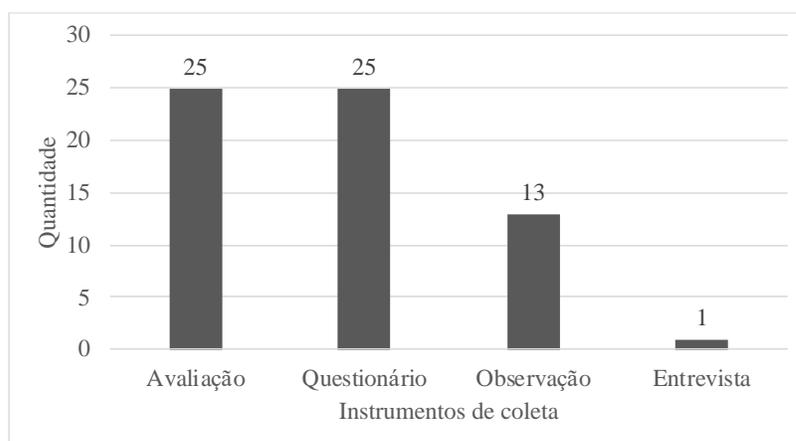
GRÁFICO 3 – DISTRIBUIÇÃO DOS ESTUDOS QUE TRATAM DO USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL NO ENSINO DE ENGENHARIA AO LONGO DO TEMPO



Fonte: a autora (2022).

Quanto aos métodos empregados, buscou-se identificar os instrumentos de coleta de dados dos resultados obtidos nos estudos de casos realizados, com destaque para as avaliações dos estudantes, os quais incluem testes, relatórios e questionários de percepção, geralmente com escala Likert, ambos presentes em 50% das publicações. Entre os estudos que utilizaram as avaliações dos estudantes, doze realizaram pré e pós teste ou grupo de controle para a comparação dos resultados; e, em treze trabalhos, mais de uma fonte de dados foram utilizadas. No Gráfico 4, apresentam-se os instrumentos de coleta de dados e as frequências em que são utilizados.

GRÁFICO 4 – INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS UTILIZADOS PELOS ESTUDOS ANALISADOS



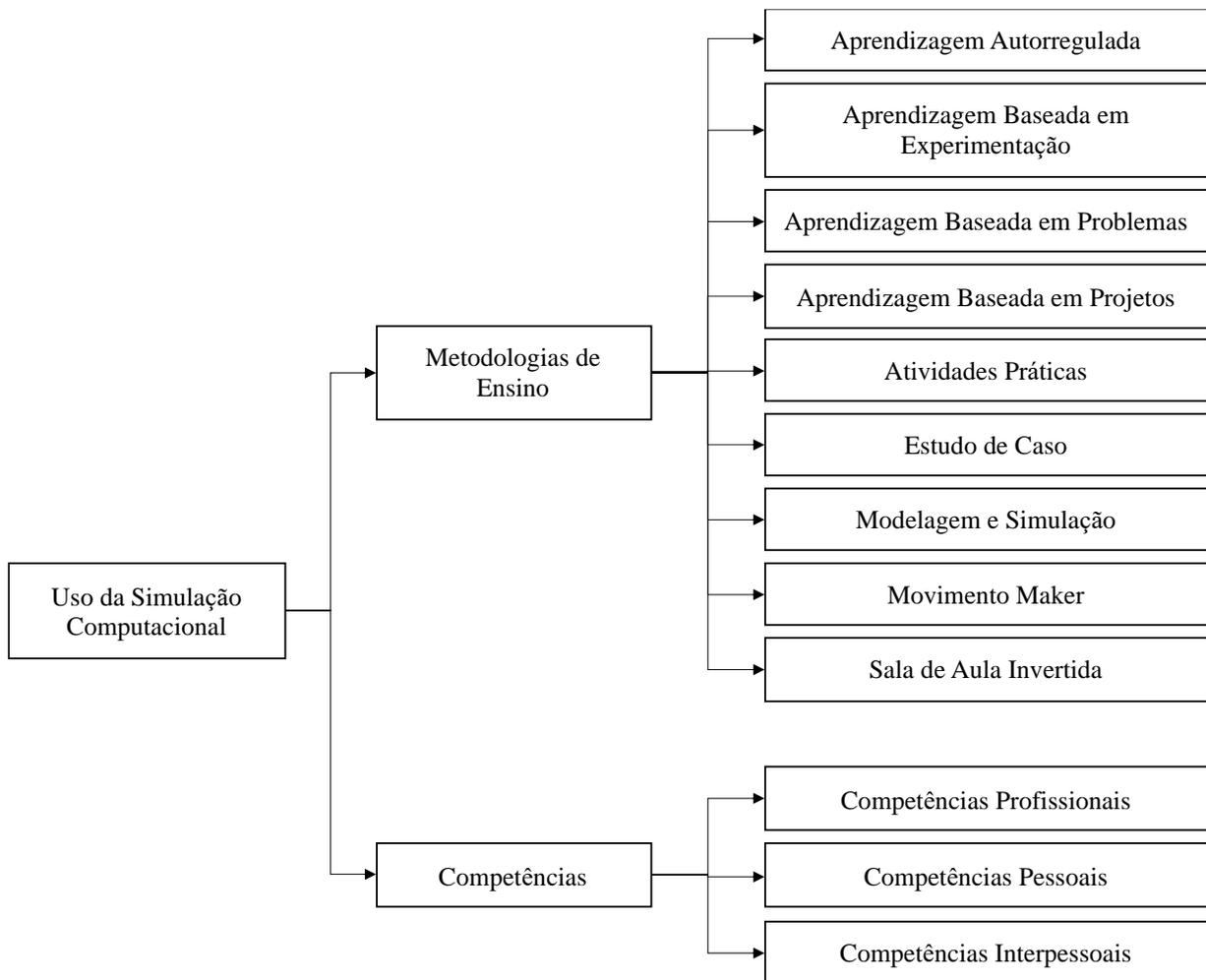
Fonte: a autora (2022).

A seguir apresenta-se a bibliografia categorizada, dando sequência à construção do Estado do Conhecimento.

2.2.3.3 Bibliografia categorizada

Na fase seguinte de construção do Estado do Conhecimento, os trabalhos foram organizados em categorias definidas a partir da leitura dos textos, apresentadas em um diagrama na Figura 6. Foi possível observar que os estudos analisados abordam as competências demandadas aos engenheiros, classificadas em profissionais, pessoais e interpessoais; e metodologias de ensino junto ao uso da Simulação Computacional, subdividida em subcategorias.

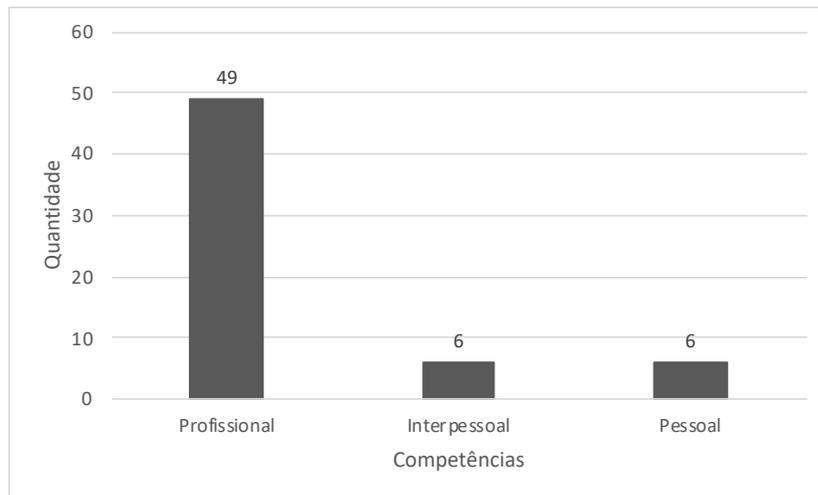
FIGURA 6 – DIAGRAMA DA BIBLIOGRAFIA CATEGORIZADA SOBRE O USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL NO ENSINO DE ENGENHARIA



Fonte: a autora (2022).

Quanto às competências contempladas, estas podem ser transversais ou específicas, sendo que as competências transversais podem ser subdivididas em competências do âmbito social, interpessoal, pessoal e profissional, conforme Zabala e Arnau (2010). Nos estudos analisados, entre as competências interpessoais, destaca-se o trabalho em equipe; quanto às competências pessoais, a mais citada é a autonomia; já entre as competências profissionais, destaca-se a solução de problemas. No Gráfico 5, apresentam-se as competências transversais identificadas e as quantidades de artigos que as citam.

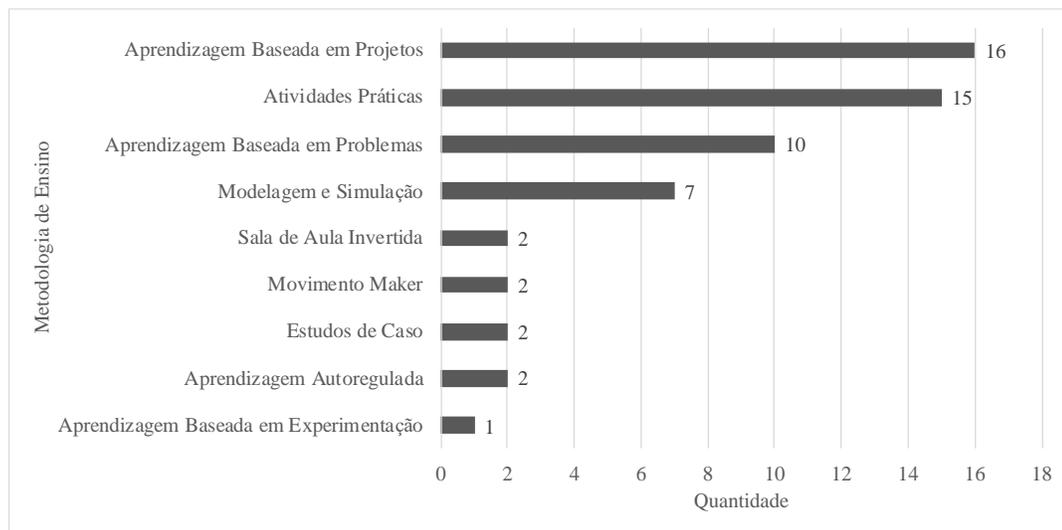
GRÁFICO 5 – COMPETÊNCIAS ABORDADAS PELOS ESTUDOS QUE TRATAM DO USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL NO ENSINO DE ENGENHARIA



Fonte: a autora (2022).

Com relação às Metodologias de Ensino, nove foram citadas pelos autores, todas consideradas Metodologias Ativas. Entre essas se destacam a Aprendizagem Baseada em Projetos (32% das publicações), Atividades Práticas (30% das publicações) e Aprendizagem Baseada em Problemas (20% das publicações), conforme Gráfico 6. Ainda, entre os artigos, apenas seis mencionam mais de uma metodologia.

GRÁFICO 6 – METODOLOGIAS DE ENSINO ADOTADAS PELOS ESTUDOS QUE TRATAM DO USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL NO ENSINO DE ENGENHARIA



Fonte: a autora (2022).

Considerando as informações descritas nessa subseção, fazem-se a análise e as proposições apresentadas na subseção a seguir.

2.2.3.4 Bibliografia propositiva

Com base na categorização dos estudos em análise, é possível identificar as principais abordagens para o uso da Simulação Computacional e as competências resultantes. Verifica-se maior uso da Aprendizagem Baseada em Projetos junto à Simulação Computacional, permitindo ao estudante modelar e simular problemas e soluções, contribuindo para o desenvolvimento de um maior número de competências profissionais. Essas, por sua vez, são citadas por quarenta e nove dos cinquenta artigos, principalmente a solução de problemas. É possível que essas tenham sido mais frequentes devido aos instrumentos de coleta de dados utilizados, em que se destacam as avaliações (testes e relatórios) e questionários. Apesar de ter uma representatividade menor, também é possível observar o potencial da Simulação Computacional junto a Metodologias Ativas para o desenvolvimento de competências pessoais e interpessoais.

Também se observa a baixa concentração de publicações na América do Sul, em especial no Brasil, visto ter apenas um artigo. Dessa forma, identifica-se a necessidade de avançar as pesquisas sobre o uso da Simulação Computacional junto a Metodologias Ativas no país, por

possibilitarem o desenvolvimento de competências. Além disso, observa-se o crescente interesse sobre as temáticas contempladas nesse estudo, o que indica sua relevância em um contexto educacional marcado pelas Tecnologias Digitais, conforme exposto no capítulo introdutório.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

As pesquisas por meio da metodologia Design Based Research iniciam a partir do levantamento de informações sobre os contextos em que estão inseridas e da revisão da literatura, buscando estruturar a base teórica que dará suporte ao seu desenvolvimento (ANDERSON; SHATTUCK, 2012). O contexto é descrito em diferentes níveis de análise nos capítulos 1 e 2 (macro) e no capítulo 4 (micro). Já as bases teóricas são descritas no presente capítulo, organizadas nas seguintes seções: ensino para o desenvolvimento de competências, aprendizagem ativa, modelagem e simulação computacional, tecnologias digitais para o ensino e a aprendizagem e avaliação da aprendizagem. A seguir, apresenta-se o primeiro tema.

3.1 ENSINO PARA O DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS

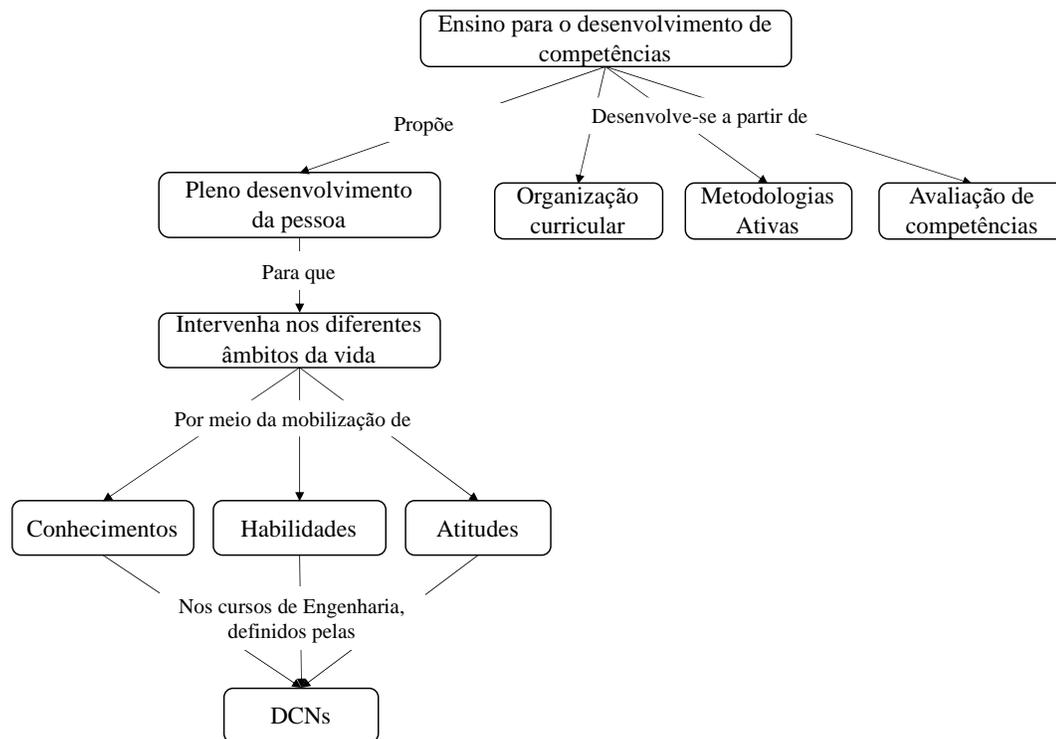
O crescente interesse no Ensino para o desenvolvimento de Competências no Brasil se dá a partir da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional e das Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) que passam a fazer menção às competências e habilidades (SILVA, 2012). A Confederação Nacional das Indústrias (CNI) esclarece que essa tendência advém do reconhecimento de que a educação influencia o desenvolvimento econômico e social de uma nação, e consolida-se com a necessidade de atender os desafios da atualidade (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS, 2020). Essa mesma visão é defendida pelo Fórum Econômico Mundial no relatório *The Future of Jobs 2020*, que prevê mudanças significativas na sociedade após a Pandemia ocasionada pela COVID-19, principalmente quanto ao uso de Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (WORLD ECONOMIC FORUM, 2020). Assim, é preciso preparar os estudantes para “lidar com a diversidade de demandas, conceber e desenvolver tecnologias, empreender, resolver problemas complexos com soluções viáveis e navegar na era digital” (CNI, 2020, p. 7).

No que se refere aos cursos de Engenharia, inicialmente, as DCNs publicadas em 2002 introduzem o ensino para o desenvolvimento de competências, apresentando um conjunto de competências gerais esperadas dos engenheiros. Todavia, conforme avalia a CNI, as DCNs não geraram o efeito esperado nas organizações dos cursos, ainda centrados em uma abordagem de conteúdos (CNI, 2020). Diante dessa realidade, novas DCNs são publicadas em 2019, indicando

um conjunto de competências esperadas dos profissionais e incentivando a reorganização curricular de modo a assegurar o desenvolvimento de competências. Dessa forma, os conteúdos, atividades pedagógicas e avaliações devem estar relacionadas às competências descritas nos Projetos Pedagógicos de Curso (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2019).

Nesta seção, apresentam-se as bases teóricas sobre o ensino para o desenvolvimento de competências, além das competências demandadas aos egressos dos cursos de Engenharia, conforme DCNs vigentes. A Figura 7 apresenta o Mapa Conceitual dos conteúdos abordados.

FIGURA 7 – MAPA CONCEITUAL DA SEÇÃO ENSINO PARA O DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS



Fonte: a autora (2022).

3.1.1 Conceito de competência

De acordo com Silva (2012, p. 20), o termo competência é de origem latina *competens*, que significa “que vai com; o que está adaptado a”, cujos primeiros registros são encontrados em textos jurídicos do século XV, referindo-se a um “domínio particular de *expertise*” (SCALON, 2015, p. 140); e, posteriormente no século XVIII, em que teve o significado ampliado para a capacidade

individual relacionada ao saber e à experiência (SILVA, 2012). O autor também esclarece que o termo passa a ser encontrado em currículos a partir de 1920, referindo-se à formação profissional. A partir de 1970, passa a ser utilizado no contexto profissional, para definir “aquilo que aumentava o rendimento no trabalho” (ZABALA; ARNAU, 2020, p. 5). Devido a sua origem, os autores argumentam que atualmente ainda se encontra resistência quanto ao ensino de competência no contexto educacional, sob a justificativa de uma perspectiva utilitarista, ou seja, o desenvolvimento de competências para agir em situações cotidianas, desvinculadas do saber. Por isso, esclarecem que, no ambiente escolar, a competência assume outro valor, sendo “a capacidade de resolver problemas em qualquer situação e, sobretudo, quando se trata de situações novas ou diferentes daquelas já conhecidas e em diferentes contextos de atuação” (ZABALA; ARNAU, 2020, p. 5).

No campo da Educação, Silva (2012, p. 40) analisa os conceitos apresentados por Guy Le Boterf, Philippe Perrenoud e Bernard Rey. Le Boterf (2003) afirma que a competência é um saber-agir, integrar, mobilizar e transferir um conjunto de recursos para a execução de uma tarefa em determinado contexto; Perrenoud (2010) também apresenta a ideia de mobilização dos recursos para uma ação pertinente e eficaz; e Rey (2010) associa a competência ao comportamento e à ação, já que a considera um comportamento em uma determinada situação para atingir um fim específico. Assim, Silva (2012) constata que possuem em comum a ideia de “mobilização dos saberes em ação”. Nesse sentido, o autor argumenta que um indivíduo se torna competente quando consegue integrar o conjunto de saberes aprendidos ao longo da vida e os mobiliza em situações reais. Mobilizar saberes, segundo Scallon (2015), consiste em usar todos os recursos próprios e disponíveis para resolver problemas, relacionando-se às atividades de integração e transferência. Dessa forma, o autor entende competência como um saber-agir ou a capacidade de mobilizar seus saberes, saber-fazer e saber-ser ou outros recursos.

Zabala e Arnau (2010), a partir do entendimento de competência no contexto educacional, defendem que o objetivo da educação por competência é o pleno desenvolvimento da pessoa. Nesse sentido, as instituições de ensino devem propiciar o desenvolvimento de competências pelos estudantes para atuar nas dimensões profissional, pessoal, interpessoal e social: na dimensão profissional, devem ser capazes de exercer a profissão a partir dos conhecimentos e habilidades específicos; na dimensão pessoal, deve “exercer de forma responsável e crítica, a autonomia, a cooperação, a criatividade e a liberdade, por meio do conhecimento e da compreensão de si mesmo, da sociedade e da natureza em que vive” (ZABALA; ARNAU, 2010, p. 81); na dimensão

interpessoal, espera-se que seja capaz de se relacionar e se comunicar de forma eficaz; e, por fim, na dimensão social, deve “ser competente para participar ativamente na transformação da sociedade” (ZABALA; ARNAU, 2010, p. 78).

Passow e Passow (2017) afirmam que o trabalho dos engenheiros é baseado em projetos, já que as atividades estão relacionadas aos ciclos de vida de produtos, serviços e sistemas, o que influencia no conjunto de competências que esses profissionais devem desenvolver. Em uma revisão da literatura, os autores analisaram 52 estudos publicados entre 1990 e 2012, buscando identificar um conjunto de competências a serem desenvolvidas pelos cursos de Engenharia. Entre os achados, destaca-se a capacidade de resolução de problemas, que tem como desafio mobilizar outras competências de acordo com o problema; as quais identificam, como: responsabilidade, projeto de experimentos, gerenciamento de projetos, proatividade, tomada de decisão, trabalho em equipe, aprendizagem ao longo da vida, criatividade e inovação. As quatro últimas competências, além da comunicação, também são observadas por Cruz, Saunders-Smiths e Groen (2019) ao analisarem 99 estudos publicados entre 2000 e 2017. Essas competências constam nas DCNs de Engenharia, conforme segue (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2019):

Art. 4o O curso de graduação em Engenharia deve proporcionar aos seus egressos, ao longo da formação, as seguintes competências gerais:

I - formular e conceber soluções desejáveis de engenharia, analisando e compreendendo os usuários dessas soluções e seu contexto:

a) ser capaz de utilizar técnicas adequadas de observação, compreensão, registro e análise das necessidades dos usuários e de seus contextos sociais, culturais, legais, ambientais e econômicos;

b) formular, de maneira ampla e sistêmica, questões de engenharia, considerando o usuário e seu contexto, concebendo soluções criativas, bem como o uso de técnicas adequadas;

II - analisar e compreender os fenômenos físicos e químicos por meio de modelos simbólicos, físicos e outros, verificados e validados por experimentação:

a) ser capaz de modelar os fenômenos, os sistemas físicos e químicos, utilizando as ferramentas matemáticas, estatísticas, computacionais e de simulação, entre outras;

b) prever os resultados dos sistemas por meio dos modelos;

c) conceber experimentos que gerem resultados reais para o comportamento dos fenômenos e sistemas em estudo;

d) verificar e validar os modelos por meio de técnicas adequadas.

III - conceber, projetar e analisar sistemas, produtos (bens e serviços), componentes ou processos:

a) ser capaz de conceber e projetar soluções criativas, desejáveis e viáveis, técnica e economicamente, nos contextos em que serão aplicadas;

b) projetar e determinar os parâmetros construtivos e operacionais para as soluções de Engenharia;

c) aplicar conceitos de gestão para planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de Engenharia.

IV - implantar, supervisionar e controlar as soluções de Engenharia:

- a) ser capaz de aplicar os conceitos de gestão para planejar, supervisionar, elaborar e coordenar a implantação das soluções de Engenharia;
- b) estar apto a gerir, tanto a força de trabalho quanto os recursos físicos, no que diz respeito aos materiais e à informação;
- c) desenvolver sensibilidade global nas organizações;
- d) projetar e desenvolver novas estruturas empreendedoras e soluções inovadoras para os problemas;
- e) realizar a avaliação crítico-reflexiva dos impactos das soluções de Engenharia nos contextos social, legal, econômico e ambiental.

V - comunicar-se eficazmente nas formas escrita, oral e gráfica:

- a) ser capaz de expressar-se adequadamente, seja na língua pátria ou em idioma diferente do Português, inclusive por meio do uso consistente das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDICs), mantendo-se sempre atualizado em termos de métodos e tecnologias disponíveis;

VI - trabalhar e liderar equipes multidisciplinares:

- a) ser capaz de interagir com as diferentes culturas, mediante o trabalho em equipes presenciais ou a distância, de modo que facilite a construção coletiva;
- b) atuar, de forma colaborativa, ética e profissional em equipes multidisciplinares, tanto localmente quanto em rede;
- c) gerenciar projetos e liderar, de forma proativa e colaborativa, definindo as estratégias e construindo o consenso nos grupos;
- d) reconhecer e conviver com as diferenças socioculturais nos mais diversos níveis em todos os contextos em que atua (globais/locais);
- e) preparar-se para liderar empreendimentos em todos os seus aspectos de produção, de finanças, de pessoal e de mercado;

VII - conhecer e aplicar com ética a legislação e os atos normativos no âmbito do exercício da profissão:

- a) ser capaz de compreender a legislação, a ética e a responsabilidade profissional e avaliar os impactos das atividades de Engenharia na sociedade e no meio ambiente.
- b) atuar sempre respeitando a legislação, e com ética em todas as atividades, zelando para que isto ocorra também no contexto em que estiver atuando; e

VIII - aprender de forma autônoma e lidar com situações e contextos complexos, atualizando-se em relação aos avanços da ciência, da tecnologia e aos desafios da inovação:

- a) ser capaz de assumir atitude investigativa e autônoma, com vistas à aprendizagem contínua, à produção de novos conhecimentos e ao desenvolvimento de novas tecnologias.
- b) aprender a aprender;

Parágrafo único. Além das competências gerais, devem ser agregadas as competências específicas de acordo com a habilitação ou com a ênfase do curso. (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2019, p. 2).

Zabala e Arnau (2010, p. 36) conceituam competência como “intervenção eficaz nos diferentes âmbitos da vida, mediante ações nas quais mobilizam componentes atitudinais, procedimentais e conceituais de maneira inter-relacionada”. Os componentes atitudinais referem-se a princípios, condutas e padrões de comportamento, formados por componentes cognitivos, afetivos e comportamentais (ZABALA; ARNAU, 2020). Segundo os autores, os componentes procedimentais se traduzem em ações ordenadas para atingir algum objetivo; já os componentes conceituais são melhor entendidos como conhecimentos que podem ser de fatos ou conceitos. Os

fatos podem ser enunciados, fórmulas, nomes, datas, entre outros de natureza descritiva e concreta; enquanto os conceitos são de natureza abstrata e precisam ser compreendidos pelos estudantes.

Diante do exposto, Zabala e Arnau (2020, p. 11) apresentam algumas características das competências educacionais: afirmam que envolvem “agir de maneira eficiente diante de uma situação-problema”. Scallon (2015) esclarece que a situação pode ser um problema ou qualquer outra tarefa ou projeto complexo; que não são as pessoas, mas as ações que são competentes; e, por fim, existem graus de competências, pois as ações poderão ser menos ou mais bem-sucedidas, dependendo do grau de aprendizagem.

A CNI considera as competências descritas nas atuais DCNs de Engenharia um conjunto de conhecimentos, habilidades e atitudes, ou seja, em consonância com a perspectiva de Zabala e Arnau (2020). Conhecimentos referem-se às informações conhecidas pelos estudantes, habilidades ao domínio motor e cognitivo e as atitudes aos motivos que levam os estudantes à ação (BAARTMAN; BRUIJN, 2011). Diante desse entendimento, as DCNs têm, dentre seus objetivos, o incentivo à transição de uma formação com foco em conteúdo para competências, a promoção à inovação acadêmica e pedagógica e a formação de engenheiros capazes de inovar e empreender nos diversos campos e setores da Engenharia (CNI, 2020), configurando o ensino e a aprendizagem para o desenvolvimento de competências, tema da próxima subseção.

3.1.2 Ensino e aprendizagem para o desenvolvimento de competências

Em uma revisão da Literatura, Henri, Johnson e Nepal (2017) analisam 60 artigos publicados entre 2005 e 2015, relacionados à Aprendizagem Baseada em Competências, definindo-a como uma abordagem centrada no estudante para o aprendizado de conteúdos e habilidades. Segundo os autores, entre os desafios para uma abordagem por competências no contexto educacional estão a superação dos métodos de ensino ditos tradicionais e a organização dos currículos por disciplinas, para métodos que promovam a aprendizagem ativa e uma perspectiva integradora e interdisciplinar.

Silva (2012) refere-se à Pedagogia por Competências, transposta em uma abordagem curricular por competências, integrando conhecimentos gerais, profissionais e experiências de vida e de trabalho. Nessa abordagem, entende-se que o indivíduo é corresponsável pelo seu aprendizado, sendo necessário despertar no estudante a motivação para aprender. Para isso, a CNI apresenta

algumas recomendações quanto à implementação das DCNs dos cursos de Engenharia, principalmente na elaboração dos currículos: inicialmente deve ser identificado o conjunto de competências esperadas do estudante ao final do curso; a seguir, para a avaliação, essas competências devem ser desdobradas em habilidades e conteúdos; e, então, podem ser concebidos os percursos de aprendizagem das habilidades; na sequência, tem-se a ideação das experiências de aprendizagem; e o desenho do currículo com desdobramento das experiências em componentes.

Zabala e Arnau (2020) defendem que, para estabelecer experiências de aprendizagem adequadas ao ensino para o desenvolvimento de competências, é preciso compreender como as pessoas aprendem, e que não há desenvolvimento de competências sem uma aprendizagem significativa e funcional. Dessa forma, esclarecem que são características essenciais do ensino para o desenvolvimento de competências: seu significado, de modo que sejam estabelecidas relações entre os novos conteúdos e o conhecimento que o estudante já possui; a complexidade das situações utilizadas como contextos, devendo ser o mais próximas à realidade dos estudantes; o caráter procedimental, desdobrando-as em atividades que permitam “a interpretação/compreensão, a identificação dos problemas, o reconhecimento de informações, a revisão de diferentes esquemas de atuação, a análise de informações, a avaliação das variáveis reais e a aplicação dos esquemas de atuação” (ZABALA; ARNAU, 2020, p. 19); serem resultados da integração dos componentes atitudinais, procedimentais e conceituais. Nesse sentido, os autores sugerem os métodos para a Aprendizagem Ativa como alternativa.

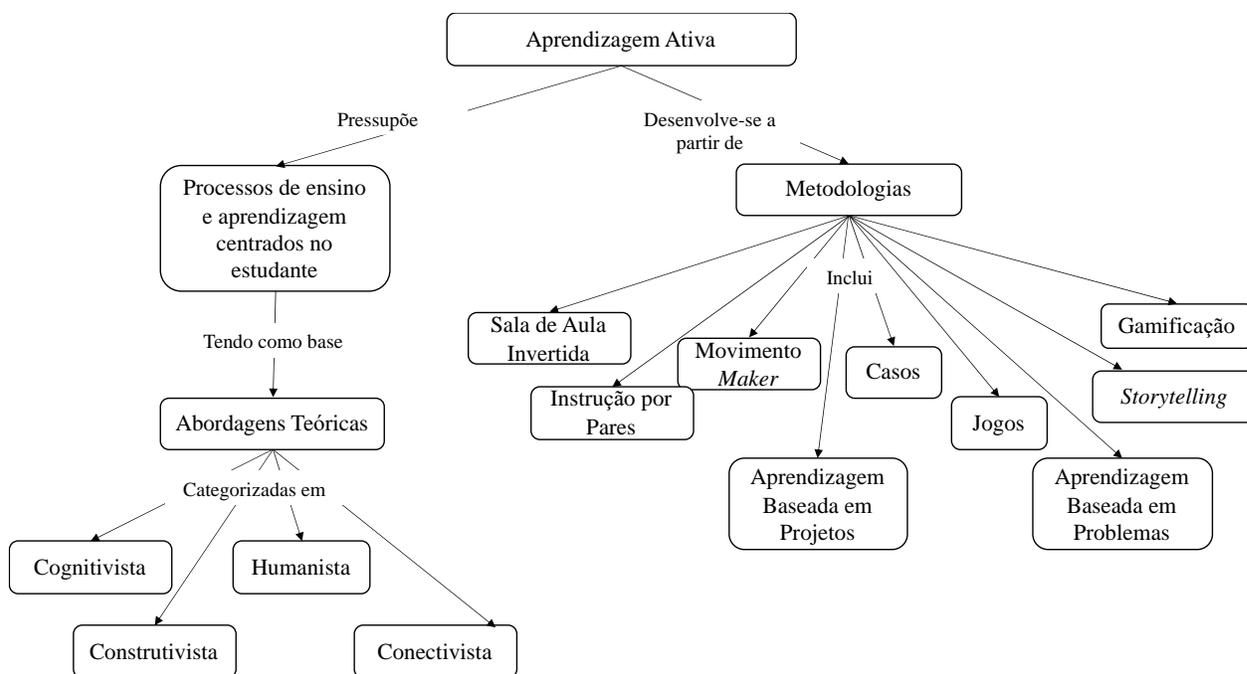
A CNI apresenta uma série de relatos quanto ao ensino para o desenvolvimento de competências e atendimento às DCNs de Engenharia na publicação *O Futuro da Formação em Engenharia* (CNI, 2021). Para o desenvolvimento de competências, as experiências apresentam em comum a adoção de métodos de ensino para a Aprendizagem Ativa. Outra estratégia frequente é a organização curricular por trilhas para a formação de diferentes perfis, atribuindo maior flexibilidade aos cursos. Além disso, tem-se a proximidade com o mercado para o desenvolvimento de projetos e atividades extracurriculares, como iniciação científica, de extensão e participação em desafios de engenharia.

Diante do exposto é possível perceber a contribuição da Aprendizagem Ativa para o desenvolvimento de competências, sendo abordada na próxima seção.

3.2 APRENDIZAGEM ATIVA

Nesta seção, apresentam-se as bases teóricas e os pressupostos para a Aprendizagem Ativa e possíveis metodologias a serem adotadas nos processos de ensino e aprendizagem. Quanto às metodologias, aborda-se com maior detalhamento a Aprendizagem Baseada em Projetos, por ser utilizada no estudo de caso proposto. A Figura 8 apresenta o Mapa Conceitual dos conteúdos abordados.

FIGURA 8 – MAPA CONCEITUAL DA SEÇÃO APRENDIZAGEM ATIVA



Fonte: a autora (2022).

Na subseção a seguir, apresenta-se a Aprendizagem Ativa.

3.2.1 Apresentação da Aprendizagem Ativa

Moran (2018) argumenta que a Aprendizagem Ativa ocorre ao longo da vida, não apenas em situações formais em que se tem o ensino regular, como também no enfrentamento dos desafios complexos e diários. Quanto às situações formais de ensino, Moreira (2011a) esclarece que, com a evolução das TICs, expandiram-se para além da sala de aula física, utilizando ambientes virtuais.

Esses ambientes passaram a ser o principal meio em que são desenvolvidos os processos de ensino e aprendizagem durante o período de Ensino Remoto Emergencial, em decorrência da Pandemia da COVID-19 (MORAN, 2021). O autor explica que, na atual conjuntura, experimentou-se o aprendizado em diferentes espaços físicos e digitais, com interação síncrona e assíncrona, acentuando desafios educacionais já antes conhecidos. A esses desafios estão relacionadas as oportunidades, as quais incentivam a integração de espaços e metodologias para uma melhor experiência de aprendizagem do estudante. Portanto, “os processos de aprendizagem são múltiplos, contínuos, híbridos, formais e informais, organizados e abertos, intencionais e não intencionais”, promovidos por meio da “prática frequente (aprender fazendo) e de ambientes ricos de oportunidades” (MORAN, 2018, p. 3).

O contexto descrito e as facilidades resultantes das tecnologias digitais, como a divulgação e o acesso à informação, fazem com que os processos de ensino e aprendizagem demandem cada vez mais o uso de metodologias para a Aprendizagem Ativa, já que a função do professor de transmitir conhecimento não é suficiente, principalmente em cursos de graduação (VALENTE, 2018). Segundo o autor, nas metodologias ativas são propostas estratégias que colocam o foco dos processos de ensino e aprendizagem no estudante, opondo-se ao ensino centrado no professor, em que este último é transmissor de conhecimentos.

Moran (2018) argumenta que a Aprendizagem Ativa deve ser significativa, pois o reconhecimento e a relevância de um determinado conteúdo são aspectos importantes para o aprendizado. Moreira (2011a) caracteriza a Aprendizagem Significativa a partir da teoria de Ausubel⁵, pela interação entre conhecimentos prévios e novos, em dois movimentos realizados pelos estudantes, de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Conforme esclarece o autor, o aprendizado tem como base um conhecimento prévio que torna o estudante mais propício a adquirir novos conhecimentos, por meio da diferenciação e da aproximação entre eles.

Portanto, Moran (2018) descreve a aprendizagem a partir de processos indutivo e dedutivo, sendo que o primeiro envolve a ampliação e a generalização a partir de situações concretas, enquanto o segundo se dá a partir de ideias e teorias. Nesse sentido, estratégias que envolvam a experimentação e a prática são cada vez mais utilizadas, pois aproximam os estudantes do conhecimento. O autor defende que a Aprendizagem Ativa deve ser também reflexiva,

⁵ AUSUBEL, David P. *The Acquisition and Retention of Knowledge: a cognitive view*. Dordrecht: Springer Science and Media, 2000.

identificando processos, conhecimentos e competências promovidos pelas atividades de ensino e aprendizagem.

Além de Ausubel e sua teoria da Aprendizagem Significativa, Moran (2018) identifica outros teóricos que reconhecem a importância do papel ativo dos estudantes em suas proposições, como Dewey, Freire, Rogers, Piaget, Vygotsky e Bruner. Dewey propõe um ensino centrado no estudante, em que esses são estimulados por meio da experimentação e prática (WESTBROOK *et al.*, 2010). Freire (2014) também considera a experimentação um fator importante para o aprendizado, defendendo o papel do professor como mediador entre o conhecimento e o estudante, incentivando a autonomia, a curiosidade e o pensamento crítico. O estudante, no centro do processo de ensino, também está presente nos princípios para a Aprendizagem Significativa de Rogers, atribuindo-lhe autonomia no processo de aprendizagem, de modo que o discente perceba a relevância do conhecimento para os seus objetivos pessoais (MOREIRA, 2011b).

Moreira (2011b) também analisa a Teoria de Piaget, cujo foco não está no ensino, mas no desenvolvimento cognitivo que ocorre quando, em contato com a realidade, o sujeito a assimila e a reestrutura pelos processos de assimilação e acomodação, buscando atingir um equilíbrio. Já a Teoria da Mediação de Vygotsky pressupõe que o desenvolvimento cognitivo também está relacionado ao contexto social e cultural em que ocorre, e é possível por meio da interação social, de modo que professor e estudante compartilhem significados (MOREIRA, 2011b). Ademais, a Teoria de Ensino de Bruner propõe o planejamento do ensino a partir das fases de desenvolvimento intelectual do estudante, que, por sua vez, se dá pela representação de experiências e recuperação de informações (MOREIRA, 2011b).

As teorias identificadas podem ser categorizadas em três abordagens teóricas que fundamentam a adoção de metodologias ativas, conforme descrevem Filatro e Cavalcanti (2018): o cognitivismo, o construtivismo e o conectivismo. De acordo com as autoras, os cognitivistas procuram compreender o processo cognitivo do estudante e seus comportamentos resultantes da interação com o meio, contribuindo para as metodologias ativas ao analisar os processos mentais para a interpretação, a gestão e a organização do conhecimento. Tem como principais representantes Ausubel, Piaget e Bruner (MOREIRA, 2011b). Moreira (2011b) explica que, a partir da filosofia cognitivista, chega-se às teorias construtivistas, cujo enfoque está no papel ativo dos estudantes para que a aprendizagem ocorra. Nessa abordagem, têm-se as teorias de Vygotsky e Dewey (MOREIRA, 2011b; FILATRO; CAVALCANTI, 2018). Já o conectivismo foi concebido

nos anos 2000 por George Siemens, que estuda e teoriza a aprendizagem na era digital. Essa abordagem pressupõe a aprendizagem em rede, analogia utilizada para compreender o processo de criação de conexões entre as diversas fontes de conhecimento (SIEMENS, 2005).

Moreira (2011b) também apresenta como categoria para organizar as teorias da aprendizagem e a filosofia humanista, a qual valoriza a autorrealização da pessoa e seu crescimento pessoal, tendo como representantes Rogers e Freire. Considerando as teorias identificadas, Moran (2018, p. 3) conclui que “cada pessoa aprende de forma ativa, a partir do contexto em que se encontra, do que lhe é significativo, relevante e próximo ao nível de competências que possui”. Para promover esse aprendizado, o autor afirma que as metodologias ativas enfatizam o papel protagonista do estudante, o qual, segundo Valente (2018) e Bacich (2018), pressupõe a prática, a reflexão, a interação e uma avaliação processual adequada.

Considerando as características da Aprendizagem Ativa descritas, as DCNs para os cursos de Engenharia a incentivam, conforme art. 6º, §6º: “Deve ser estimulado o uso de metodologias para a aprendizagem ativa, como forma de promover uma educação mais centrada no aluno” (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2019, p. 4). Esse incentivo tem como causa a necessidade de desenvolver competências para os profissionais do século XXI, conforme esclarecem Elmôr Filho *et al.* (2019). Dessa forma, segundo os autores, o desenvolvimento de competências só é possível em ambientes que considerem o envolvimento e a disposição do estudante para aprender, sendo as estratégias e os métodos de Aprendizagem Ativa possíveis alternativas para superar os desafios de aprendizagem, e atender as expectativas quanto ao perfil e às habilidades dos egressos dos cursos de Engenharia.

Valente (2018) descreve as metodologias de ensino como um conjunto de técnicas, procedimentos e processos utilizados pelos professores para viabilizar a aprendizagem dos estudantes. Entre as metodologias ativas, Moran (2018) destaca a Sala de Aula Invertida, a Aprendizagem Baseada em Problemas e Projetos, *Storytelling* e Gamificação. Além dessas, Valente (2018) identifica a Discussão e Solução de Casos e a Aprendizagem em Equipe. Filatro e Cavalcanti (2018) também mencionam o movimento *maker* e a instrução por pares. Essas metodologias são descritas na subseção a seguir.

3.2.2 Metodologias para a Aprendizagem Ativa

A Sala de Aula Invertida (*Flipped Classroom*) é criada a partir da experiência de Aaron Sams como professor, ao identificar a dificuldade que os estudantes tinham em desenvolver as atividades extraclasse, aplicando o conteúdo estudado em sala de aula. Diante dessa situação, observa que poderia contribuir mais para o aprendizado dos estudantes se estivesse junto a eles quando exercitassem o conhecimento, ao invés de presente somente no momento da apresentação do conteúdo (BERGMANN; SAMS, 2016). Então, Bergmann e Sams (2016) propõem o estudo dos conteúdos em momentos extraclasse e a utilização dos momentos de interação com o professor e os colegas para discutir, refletir, exercitar e esclarecer dúvidas.

Assim como a Sala de Aula Invertida, a Instrução por Pares (*Peer Instruction*) pressupõe o estudo anterior às aulas dos conceitos abordados pela leitura dos livros de apoio (MAZUR, 2015). Dessa forma, nas aulas expositivas, elabora-se e aprofunda-se o conteúdo lido, esclarecendo dúvidas e apresentando exemplos. Conforme esclarece o autor, nessas aulas expositivas, incentiva-se a interação entre os estudantes para a resolução de testes conceituais, sendo essa a essência do método, resultando em um maior engajamento.

Quanto à Aprendizagem Baseada em Problemas (*Problem-based Learning*), essa surge na década de 1960, aplicada inicialmente nos cursos de Medicina, como a Faculdade de Medicina da Universidade de Maastricht na Holanda, em que os estudantes se reúnem para avaliar sintomas de pacientes (FILATRO; CAVALCANTI, 2018; MORAN, 2018). Filatro e Cavalcanti (2018) explicam que essa metodologia se expandiu para outras áreas do conhecimento, que a utilizam como estratégia para aproximar os estudantes de situações reais e relacionar teoria e prática. Dessa forma, parte-se de situações problemas para a construção de novos conhecimentos, sendo esses problemas identificados pelos próprios estudantes, a comunidade ou as organizações.

Moran (2018) observa que frequentemente os termos Aprendizagem Baseada em Problemas e Aprendizagem Baseada em Projetos são utilizados como sinônimos, mesmo que sejam metodologias diferentes. De acordo com o autor, a resolução de problemas busca essencialmente suas causas e costuma ser conduzida de forma flexível, enquanto a execução de projetos objetiva um resultado específico, geralmente seguindo instruções estruturadas. Nesse documento, na subseção a seguir, apresenta-se a Aprendizagem Baseada em Projetos de forma mais detalhada, pois se trata da metodologia de ensino adotada no estudo de caso proposto.

Além das abordagens de problemas e projetos, outras metodologias buscam contextualizar o conteúdo estudado, como o *Storytelling* e os Casos. *Storytelling* é uma palavra da língua inglesa que se refere à capacidade de contar histórias envolventes e relevantes (XAVIER, 2015). Segundo o autor, antes da escrita, as narrativas garantiam que conhecimentos e memórias fossem compartilhados e repassados por gerações. As histórias também foram e são utilizadas para envolver e influenciar as pessoas em determinados temas, tendo ampla aplicação na área comercial. Palacios e Terenzzo (2016) argumentam que contar histórias pode promover o aprendizado, pois propicia a criação de uma conexão entre professor e estudante, desperta a atenção, promovendo o engajamento e a motivação, contextualiza o conteúdo e cria memórias mais duradouras.

Já os Casos são utilizados para apresentar situações e problemas reais, os quais podem ser discutidos e solucionados pelos estudantes, aproximando-se da Aprendizagem Baseada em Problemas (VALENTE, 2018). Elmôr Filho *et al.* (2019) esclarece que a utilização dos Casos se diferencia da abordagem de problemas por não necessariamente envolver a solução de um problema complexo, tendo como essência a pesquisa, a leitura e o compartilhamento de informações.

Os Jogos e a Gamificação também são estratégias que estimulam o engajamento e a motivação dos estudantes. No contexto educacional, os Jogos são caracterizados por regras, interatividade e *feedback*, que buscam envolver os estudantes em um desafio para atingir um resultado pré-determinado (ALVES, 2015). A autora esclarece que os resultados esperados, tidos como metas, atribuem aos jogadores o senso de propósito; já as regras estimulam o pensamento estratégico, importante competência a ser desenvolvida pelos estudantes; e o feedback contínuo constitui uma forma de avaliação, fornecendo subsídios para que o estudante avalie seu aprendizado. Já o termo Gamificação (*Gamification*) passa a ser amplamente utilizado, a partir da década de 1980, como uma estratégia de transformar situações em jogos, com o objetivo de torná-las divertidas (ALVES, 2015). Dessa forma, a Gamificação consiste na utilização da linguagem de jogos para engajar, sendo utilizado na educação para a roteirização de aulas (MORAN, 2018).

Já o movimento *Maker* tem como base a aprendizagem experiencial, sendo o termo *maker* atribuído a quem participa ativamente de um processo de fabricação, com as próprias mãos (FILATRO; CAVALCANTI, 2018). Dessa forma, Valente e Blikstein (2019) explicam que o movimento *Maker* valoriza o aprender fazendo-o por meio da produção de artefatos pelos

estudantes, que utilizam objetos, materiais e tecnologias de fabricação digital, incentivando o uso de conceitos STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*).

Na subseção a seguir, descreve-se a Aprendizagem Baseada em Projetos.

3.2.3 Aprendizagem Baseada em Projetos

A Aprendizagem Baseada em Projetos (*Project Based Learning*) (ABP) desenvolveu-se como metodologia educacional a partir das teorias de aprendizagem que defendem a experimentação e o papel ativo do estudante, já descritas na subseção 3.2.1 (BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION, 2008). Zabala e Arnau (2020) atribuem a John Dewey o marco teórico que permitirá a William Kilpatrick construir a proposta educacional denominada Método de Projetos, a partir da qual posteriormente se desdobrou outras propostas, como a ABP. Ainda, de acordo com o instituto *Buck Institute for Education* (2008), pesquisas em neurociência e em psicologia demonstram que o aprendizado está relacionado ao conhecimento, ao pensamento crítico, à ação e ao contexto, sendo beneficiado pelas atividades que envolvem a resolução de problemas e a construção de soluções.

O *Buck Institute for Education* (2008, p. 18) conceitua a ABP como “um método sistemático de ensino que envolve os alunos na aquisição de conhecimentos e habilidades, por meio de um extenso processo de investigação estruturado em torno de questões complexas e autênticas e de produtos e tarefas cuidadosamente planejados”. Esse método propõe a abordagem de tópicos importantes aos estudantes, o *feedback* constante e as oportunidades de aprendizado por meio da experiência e da cooperação.

Bender (2014, p. 9) também apresenta uma definição para a ABP, como uma abordagem de ensino que permite aos “alunos [que] confrontem as questões e problemas do mundo real que consideram significativos, determinando como abordá-los e, então, agindo de forma cooperativa em busca de soluções”. O autor complementa que os projetos devem ser autênticos e realistas para motivar os estudantes; e, para desenvolvê-los, são empregados conhecimentos e competências, promovendo o aprendizado. Dessa forma, considerando os conceitos apresentados, observa-se que, para o uso da ABP, deve-se priorizar problemas significativos, o ensino centrado no estudante e nas atividades colaborativas.

Conforme descreve Bender (2014), outros termos são utilizados para se referir à ABP, como Aprendizagem Baseada em Problemas, Aprendizagem Investigativa, Aprendizagem Autêntica e Aprendizagem por Descoberta. Entre essas abordagens, o autor identifica como aspecto em comum a resolução de problemas complexos e reais; porém, diferencia a ABP pelas seguintes características: envolve um processo estruturado de investigação, o trabalho colaborativo e a divulgação dos resultados e produtos gerados. O *Buck Institute for Education* (2008) e Moran (2018) também diferenciam a ABP das demais metodologias, considerando sua estrutura de implementação bem definida e sua finalidade de desenvolver a solução ou produto para o problema analisado.

Resultados de aprendizagem satisfatórios derivados da ABP são relatados na literatura, como indicam Guo *et al.* (2020), a partir de uma análise de setenta e seis artigos contendo relatos da metodologia no ensino superior. Segundo os autores, nos referidos estudos, descreve-se o desenvolvimento de competências específicas aos cursos, assim como competências necessárias a todos os profissionais, como capacidade para resolver problemas, trabalhar em equipe e pensar criticamente. Além disso, o engajamento é apontado como resultado da metodologia, uma vez que os estudantes se sentem envolvidos pelas temáticas dos projetos e, conseqüentemente, participam ativamente das discussões em aula.

Os mesmos resultados de aprendizagem apontados por Guo *et al.* (2020) são relatados por Reis, Barbalho e Zanette (2017), a partir de uma bibliometria que contemplou 460 artigos publicados entre os anos 2000 e 2016, sobre a ABP nos cursos de Engenharia. Além dos benefícios obtidos a partir do método, os autores apontam um aumento no número de publicações sobre a metodologia nos últimos cinco anos da análise, sendo considerada inovadora para o ensino nessa área. Entre os motivos para o crescente interesse está principalmente a possibilidade de desenvolver competências específicas à profissão em contextos próximos às situações reais presentes no mundo do trabalho.

São identificados diferentes modelos de implementação da ABP, de acordo com a abrangência dos projetos, conforme esclarece Moran (2018): projetos dentro de cada disciplina, projetos integradores e projetos transdisciplinares. Os projetos realizados em cada disciplina geralmente abordam temas específicos, desenvolvidos ao longo de todo o tempo de duração da disciplina ou em períodos reduzidos. Já os projetos integradores envolvem mais de uma disciplina, professor e área do conhecimento. Por fim, os projetos transdisciplinares geralmente tratam de

temas mais complexos, os quais demandam conhecimentos de diferentes áreas, relacionando-os para além da organização em disciplinas (MORAN, 2018).

Independentemente do modelo de implementação adotado, o *Buck Institute for Education* (2008) recomenda uma série de etapas que devem ser desenvolvidas pelo professor para planejar a utilização da ABP junto aos estudantes: identificação de uma ideia de projeto; definição do escopo do projeto; seleção de padrões; incorporação de resultados simultâneos; definição de critérios de formulação do projeto; e a criação de um ambiente ideal de aprendizagem. Os temas (ideias) para os projetos podem ser identificados em publicações, debates e observações, preferencialmente abordando questões da comunidade em que o estudante está inserido para despertar maior engajamento. A seguir, define-se o escopo do projeto, delimitando sua duração, alcance e multidisciplinaridade, identificando as tecnologias utilizadas, o público-alvo do projeto e os resultados esperados. Ainda se pode atribuir maior autonomia ao estudante para que defina o escopo do projeto com orientação do professor (BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION, 2008).

A seleção de padrões se refere à identificação dos resultados de aprendizagem esperados por meio do desenvolvimento do projeto, que envolvem conhecimentos e competências, e que são desenvolvidos simultaneamente por uma mesma atividade. Dessa forma, a incorporação de resultados simultâneos resulta do planejamento, pelo professor, das atividades desenvolvidas em aula. Além do planejamento das atividades, os resultados esperados do projeto levam ao estabelecimento de critérios de avaliação, os quais são referências para os estudantes desenvolverem o projeto. E, por fim, cabe ao professor criar um ambiente de aprendizagem ideal, proporcionando as condições para que o trabalho seja realizado (BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION, 2008).

Bender (2014) também identifica aspectos a serem considerados para o planejamento dos projetos que serão desenvolvidos junto aos estudantes. Segundo o autor, uma “âncora” deve ser desenvolvida e utilizada pelos professores para introduzir o tema que será abordado pela ABP. “Âncoras podem ser simples narrativas de um ou dois parágrafos que descrevem um problema ou um projeto a ser utilizado” (BENDER, 2014, p. 43). A questão motriz (ou problema) também pode ser desenvolvida pelo professor ou em conjunto com os estudantes, de acordo com a autonomia concedida a eles durante a realização dos projetos, outro aspecto a ser planejado. O autor ressalta que quanto maior o poder de escolha do estudante, maior a sua motivação e engajamento, porém esse poder depende da maturidade do discente.

Ainda quanto aos aspectos a serem planejados, Bender (2014) identifica os processos para investigação e pesquisa, os quais se referem aos métodos e às atividades recomendadas aos estudantes para o desenvolvimento do projeto, mas também às estratégias de ensino, como palestras e discussões em grupos. Para o desenvolvimento do projeto, o autor recomenda que seja incentivado o trabalho em equipe, a participação ativa do estudante, sendo o professor um facilitador das atividades propostas, e momentos de avaliação e reflexão sobre o aprendizado.

Além das etapas de planejamento para a utilização da ABP, o *Buck Institute for Education* (2008) propõe um conjunto de práticas que devem ser desenvolvidas junto aos estudantes: compartilhamento dos objetivos do projeto, proposição de ferramentas para a resolução de problemas, uso de pontos de verificação e avaliação e reflexão. Dessa forma, os objetivos e o escopo do projeto podem ser definidos junto aos estudantes ou apresentados logo no início do projeto, promovendo a discussão em grupo sobre o tema abordado. A seguir, o professor deve orientar os estudantes na seleção das ferramentas que utilizarão para o desenvolvimento do projeto (BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION, 2008).

A ABP também pode ser utilizada como método de avaliação processual, portanto, recomenda-se dividir o projeto em etapas e o último resultado em resultados parciais, estabelecendo pontos de verificação e *feedback* contínuo aos estudantes. Por fim, promover ao final do projeto uma avaliação reflexiva em que os estudantes possam discutir em grupos os resultados alcançados pelo projeto e seus aprendizados (BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION, 2008).

Bender (2014) propõe a aplicação da ABP em seis etapas: introdução e planejamento da equipe; pesquisa inicial para a coleta de informações; criação e desenvolvimento de produtos e artefatos; segunda fase da pesquisa para o preenchimento de lacunas; desenvolvimento da apresentação final; e publicação de produtos e artefatos. Inicialmente, apresenta-se o tema abordado pelo projeto utilizando estratégias para despertar o interesse dos estudantes. A seguir, o problema a ser solucionado pode ser apresentado pelo professor, quando previamente definido ou desenvolvido junto com os estudantes. Então, faz-se a formação de grupos para o desenvolvimento dos projetos, cuja primeira atividade atribuída consiste no seu planejamento. Esse planejamento inclui a definição do escopo, dos papéis que serão desempenhados pelos membros dos grupos, das atividades e do cronograma de desenvolvimento.

As etapas seguintes, de acordo com Bender (2014), contemplam pesquisas sobre o tema e o problema abordados no projeto, realizadas pelos estudantes com orientação do professor; o

desenvolvimento de soluções para os problemas; e a avaliação dos resultados parciais e final do projeto. A avaliação envolve a formalização dos resultados do projeto, apresentação e discussão em grupo. Por fim, o autor esclarece que essas atividades geralmente se sobrepõem, de modo que novos conhecimentos obtidos a partir das pesquisas são utilizados para aperfeiçoar a solução.

Um conjunto de sete atividades para a condução da ABP também é apresentado por Moran (2018): atividades para motivação e contextualização; *brainstorming*; organização; registro e reflexão; atividades de melhoria de ideias; produção; e apresentação e/ou publicação. Assim, segundo o autor, as atividades iniciais devem envolver os estudantes com o tema abordado, o qual deve ser discutido para a geração de ideias e questões de investigação. A seguir, os grupos de estudantes devem organizar o trabalho a ser feito, dividindo as tarefas e as responsabilidades, e selecionando os recursos que serão utilizados.

As atividades para a condução da ABP também contemplam os registros para a avaliação e a reflexão sobre a qualidade dos produtos e processos gerados, além de pesquisas para a melhoria de ideias e o compartilhamento de boas práticas (MORAN, 2018). O autor também menciona as atividades de produção, para a aplicação de conhecimentos no desenvolvimento de soluções para os problemas estudados; e as atividades de registro e apresentação dos resultados alcançados. No Quadro 13, apresentam-se as equivalências entre as etapas para a utilização da ABP que foram propostas por *Buck Institute for Education* (2008), Bender (2014) e Moran (2018).

QUADRO 13 – ETAPAS DA ABP

<i>Buck Institute for Education</i> (2008)	Bender (2014)	Moran (2018)
Compartilhamento dos objetivos do projeto com os estudantes.	Introdução e planejamento da equipe.	Atividades para motivação e contextualização.
		Atividades de <i>brainstorming</i> .
		Atividades de organização.
Proposição de ferramentas para a resolução de problemas.	Pesquisa inicial para coleta de informações.	Atividades de produção.
	Criação e desenvolvimento de produtos e artefatos.	
Uso de pontos de verificação.	Pesquisa para preenchimento de lacunas.	Atividades de melhoria de ideias.
Avaliação e reflexão.	Desenvolvimento da apresentação final.	Atividades de registro e reflexão.

Buck Institute for Education (2008)	Bender (2014)	Moran (2018)
	Publicação de produtos e artefatos.	Atividades de apresentação e/ou publicação.

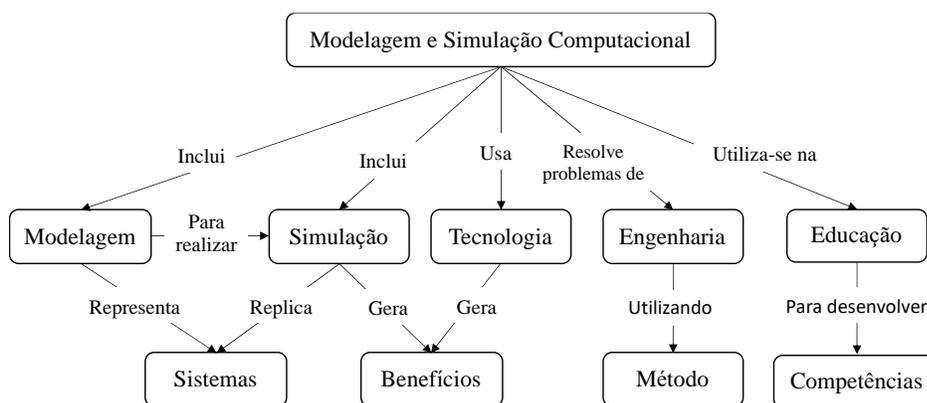
Fonte: a autora (2022).

A Aprendizagem Baseada em Projetos pode ser utilizada com outras estratégias de ensino, conforme relatam Guo *et al.* (2020); nesta pesquisa, ela será utilizada junto à Modelagem e Simulação, tema da próxima seção deste referencial teórico.

3.3 MODELAGEM E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Nesta seção são apresentados os conceitos de Modelagem, Simulação e Sistemas, incluindo ou não tecnologias computacionais; depois são descritos os benefícios da Modelagem e Simulação, contextualizando o uso em diferentes áreas do conhecimento, mas principalmente na Engenharia, por meio de um método específico. Também se contextualiza a aplicação da Modelagem e Simulação no contexto educacional, diferenciando-a de outras estratégias imersivas, para o desenvolvimento de competências. Na Figura 9, apresenta-se o Mapa Conceitual dos conteúdos abordados.

FIGURA 9 – MAPA CONCEITUAL DA SEÇÃO MODELAGEM E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL



Fonte: a autora (2022).

Na subseção a seguir, apresentam-se os conceitos relacionados à Modelagem e Simulação Computacional.

3.3.1 Definições de Modelagem e Simulação

O Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América publicou um documento sobre a Modelagem e Simulação, intitulado *Modeling and Simulation Body of Knowledge*, reunindo os principais conceitos sobre o tema (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 2008). De acordo com o referido documento, Modelagem e Simulação são entendidas como uma disciplina que compreende o desenvolvimento e/ou o uso de modelos e simulações, o que inclui emuladores, protótipos, simuladores e estimuladores, com o objetivo de construir uma base de dados para a gestão ou tomada de decisão técnica (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 2008). Também neste mesmo documento são identificadas as principais áreas de aplicação desta disciplina, sendo: Psicologia, Ciências da Computação, Engenharia e Educação. Outras áreas de aplicação também são apresentadas por Maria (1997) e Pazin Filho e Scarpelini (2007): Medicina, Aviação, Transporte, Indústria, Negócios e Comunicação.

McLeod (1963), na primeira edição do periódico *Simulation*, busca apresentar o termo Simulação, que na época não tinha um conceito bem definido. O autor observa que o termo pode ser utilizado em diferentes contextos conforme a área de conhecimento. Segundo o autor, está relacionado a experimentos, a modelos matemáticos e ao uso de computadores para testá-los, compreensão válida até hoje. No entanto, vale esclarecer que as palavras “simulação” e “experimentação” não são sinônimas, mas a experimentação pode ser um componente da Simulação (GRÜNE-YANOFF; WEIRICH, 2010).

Com o objetivo de melhor compreender Modelagem e Simulação, vale apresentar os conceitos dos termos em separado. Maria (1997, p. 7, tradução nossa) define a modelagem como “o processo de produzir um modelo”, e esclarece que modelo é uma “representação da construção ou operação de um sistema de interesse”. A autora afirma que os Modelos possuem características semelhantes aos sistemas reais, porém mais simples, o que permite a análise e a tomada de decisão. Quanto à Simulação, Maria (1997, p. 7, tradução nossa) define como “a operação de um modelo de um sistema”, ou seja, trata-se de uma ferramenta que permite estudar sistemas reais ou teóricos, avaliando suas performances em diferentes configurações ao longo do tempo. Sistema, por sua vez, é compreendido como “um conjunto de partes interagentes e interdependentes que, conjuntamente, formam um todo unitário com determinado objetivo e efetuam determinada função” (OLIVEIRA,

2002, p. 35). Chwif e Medina (2015, p. 2) complementam que um sistema “pressupõe uma interação de causa-efeito entre as partes que o compõe”, e, portanto, essas interações devem ser retratadas pelos modelos, de modo que seja possível observá-las por meio da Simulação.

Grüne-Yanoff e Weirich (2010) apresentam a Simulação como um método científico, em que simular consiste em replicar a realidade a partir de modelos. Segundo os autores, os Modelos são utilizados para compreender os sistemas reais, mas diferem destes, assim como diferem da teoria, sendo, portanto, uma mediação entre a teoria e o mundo real. Além do mais, diferenciam a Simulação dos Modelos com base na dimensão temporal: enquanto os Modelos são estáticos, a Simulação possibilita observar seus funcionamentos ao longo do tempo.

Maria (1997) considera que a Modelagem e Simulação são úteis em situações em que não é possível observar os sistemas reais, ou é economicamente inviável. Ainda identifica como benefícios dos estudos que as utilizam a redução das chances de falha, a otimização de recursos e a melhora de performance dos sistemas. Já no contexto educacional, podem facilitar o desenvolvimento de competências (CHERNIKOVA *et al.*, 2020; ZABALA; ARNAU, 2020), conforme discutido na subseção a seguir.

Chwif e Medina (2015) distinguem a Simulação não Computacional da Computacional, conforme a necessidade do uso de computadores. Tocher (1963) apresenta as bases conceituais para a Simulação Computacional, sendo a Matemática, a Estatística e a Pesquisa Operacional. Segundo o autor, o desenvolvimento da simulação computacional ocorre a partir da necessidade de empregar métodos matemáticos e estatísticos na resolução de problemas reais complexos. Smetana e Bell (2012) definem a Simulação Computacional como a geração de modelos dinâmicos que representam sistemas reais e seus processos por meio de computadores. Segundo os autores, foi inicialmente concebida para fins de pesquisa, com o objetivo de apresentar conceitos teóricos ou simplificações de fenômenos, componentes e processos reais. Alguns exemplos de aplicações incluem animação, visualização e laboratórios interativos.

Maria (1997) relata que ferramentas e *softwares* específicos foram desenvolvidos para diversos tipos de simulação, os quais demandam conhecimento de programação ou não, podem ter recursos visuais e são flexíveis para atender a diferentes objetivos. Com o desenvolvimento computacional, eles passaram a ser cada vez mais utilizados para a resolução de problemas complexos ou em processos de inovação (MAGANA *et al.*, 2017).

Filatro e Cavalcanti (2018) destacam que a Simulação Computacional permite o controle do tempo, de modo que um fenômeno pode ser reproduzido de maneira mais lenta ou acelerada, adequando a observação às necessidades individuais dos pesquisadores e estudantes ou às características dos experimentos realizados. As autoras também identificam a possibilidade de aprender em um ambiente controlado, sem as consequências reais das intervenções realizadas, assim como Zabala e Arnau (2020), que observam o uso da Simulação Computacional em treinamentos que poderiam ser perigosos, como os simuladores de voo. Dessa forma, a Simulação Computacional possibilita atuar em condições artificiais diante da impossibilidade de atuar em situações reais (FILATRO; CAVALCANTI, 2018; ZABALA; ARNAU, 2020).

Diante da possibilidade de utilizar a Modelagem e Simulação para o aprendizado e o desenvolvimento de competências, na subseção a seguir, discutem-se suas aplicações no contexto educacional.

3.3.2 Modelagem e Simulação no contexto educacional

O uso da Simulação no contexto educacional, embora não seja uma estratégia nova, tem crescido nas duas últimas décadas devido ao desenvolvimento tecnológico (SMETANA; BELL, 2012) e ao reconhecimento da necessidade de desenvolver o Pensamento Computacional (MAGANA; JONG, 2018). Cooper e Taqueti (2004) descrevem o uso de bonecos para o treinamento de combate e o de animais para praticar habilidades cirúrgicas em tempos medievais, comparando essas estratégias às simulações com o uso de manequins em cursos de Medicina. Conforme Harrel *et al.* (2002) e Zabala e Arnau (2020), a Modelagem e Simulação provavelmente são tão antigas quanto o desenvolvimento do método científico, utilizado como forma de compreender a realidade e realizar experimentos.

Baladez (2009) descreve o uso da Modelagem e Simulação para o desenvolvimento da física durante o período do Renascimento, de forma que os estudiosos testavam suas teorias por meio da experimentação. Segundo o autor, desde então, a Simulação tem sido empregada progressivamente, ganhando destaque a partir da Segunda Guerra Mundial, quando passou a ser aplicada com propósitos militares. De acordo com Zabala e Arnau (2020), em 1929 é registrada a primeira patente de um simulador de voo nos Estados Unidos por Edward Link. Todavia, os autores

relatam que somente na década de 1970 a Simulação Computacional passa a ser utilizada em treinamentos para o desenvolvimento de competências.

Em um curso de Engenharia Mecânica, Brickman e Park (1964) relatam o uso da Simulação Computacional pelos estudantes para a compreensão de modelos e funções, que não seriam facilmente entendidas somente com a base teórica. Dessa forma, buscaram por meio da experimentação observar os resultados dos projetos que desenvolveram, aproximando teoria e prática. Apesar dos relatos na literatura a partir dos anos 60, Zabala e Arnau (2020) observam que o uso da Simulação Computacional no contexto educacional passa a receber mais atenção a partir da década de 1990, com a introdução dos computadores nas escolas.

Segundo Pazin Filho e Scarpelini (2007), o uso da Simulação na educação é diretamente impactada pelas tecnologias utilizadas. Segundo os autores, o uso de computadores amplia as possibilidades a partir da simulação virtual, que tem se mostrado atrativa a professores e estudantes. Contudo, Filatro e Cavalcanti (2018) alertam que, mesmo com o passar do tempo e o desenvolvimento tecnológico, o uso de ambientes virtuais imersivos, que incluem a simulação, ainda é limitado devido aos altos custos de produção e manutenção dos recursos tecnológicos digitais e a necessidade de capacitar os professores para usá-los.

De acordo com Chernikova *et al.* (2020), a Simulação no ensino superior permite a aproximação dos estudantes à prática, tendo como referências sistemas reais, porém, com menor complexidade e parâmetros controlados. Como resultado, observa-se maior engajamento por parte dos estudantes e um ambiente propício ao desenvolvimento de competências, sendo o pensamento crítico, a solução de problemas, a comunicação e o trabalho em equipe destacados pelos autores. Magana (2017) relata que, nos cursos de Engenharia, a Modelagem e a Simulação têm sido empregadas como ferramentas analíticas para apoiar o estudo de fenômenos complexos. Smetana e Bell (2012) complementam que também têm sido utilizadas como forma de aproximar a teoria dos processos de inovação, por meio da realização de experimentos.

Magana e Jong (2018) identificam três propósitos de uso da simulação em cursos de Engenharia: para aprender a arte de modelar, seus princípios e linguagens; para adquirir conhecimento sobre um objeto ou sistema; e para aprender sobre um determinado tema a partir da interação com modelos. Além de ser uma estratégia para o ensino e a aprendizagem, observa-se que há uma demanda do mundo do trabalho por profissionais qualificados no uso de tecnologias

para Modelagem e Simulação (MAGANA; BROPHY; BODNER, 2012; MAGANA, 2017; MAGANA; JONG, 2018).

Em uma revisão sistemática da literatura realizada por Smetana e Bell (2012), 61 estudos publicados entre 1972 e 2010 foram analisados, sendo possível identificar os seguintes benefícios do uso da Simulação na educação: engajamento dos estudantes e desenvolvimento de competências para visualização de sistemas, resolução de problemas, identificação, classificação e interpretação de dados e realização de experimentos. Conforme os autores, esses resultados são possíveis devido à capacidade da Simulação de recriar aspectos do mundo real por vezes complexos, reduzindo perigos e tempos necessários para a observação. Dessa forma, promove maior interação e facilita a visualização de conceitos abstratos. Chernikova *et al.* (2020) também observam o desenvolvimento de competências pelos estudantes no ensino superior a partir da Simulação, em uma meta análise com 128 artigos, principalmente para as competências técnicas quando se utilizam tecnologias digitais.

Magana e Jong (2018) também analisam estudos de caso que envolvem o uso da simulação, mais especificamente nos cursos de Engenharia. Entre os seis relatos contemplados, identificaram benefícios semelhantes aos descritos por Smetana e Bell (2012) e Chernikova *et al.* (2020), acrescidos da redução de custos para a experimentação, da oportunidade de contato dos estudantes com ferramentas utilizadas nos ambientes profissionais e de resultados a partir da perspectiva do professor, como a facilidade de demonstração e a promoção de uma abordagem interdisciplinar.

Chernikova *et al.* (2020, p. 4, tradução nossa) conceituam a aprendizagem a partir da simulação como “a interação com um objeto, dispositivos ou pessoas reais ou virtuais, e a oportunidade de modificar o fluxo de interações por meio das decisões e ações dos estudantes”. Os autores diferenciam os tipos de simulação de acordo com o foco de interação e o uso de tecnologias digitais: interação com pessoas ou objetos, utilizando contextos reais ou virtuais. Zabala e Arnau (2020) também analisam a Simulação de acordo com o uso de tecnologias, apresentando duas perspectivas: a situacional e a tecnológica, sendo esta última complementar à primeira. De acordo com os autores, a Simulação consiste em expor os estudantes a situações que imitem aspectos relevantes da realidade, para que resolvam problemas ou analisem condições específicas de um conteúdo. Quando associada à tecnologia, permite o treinamento no uso de dispositivos.

Enquanto Chernikova *et al.* (2020) considera que Simulação seja qualquer tipo de interação, Aldrich (2009) diferencia os Ambientes Virtuais, a Simulação e os Jogos Educacionais. De acordo

com o autor, os Jogos são divertidos e engajam, podendo abordar conteúdos específicos, mas não sendo este seu objetivo principal. Já os Ambientes Virtuais oferecem um contexto interativo, porém não necessariamente almejam a aprendizagem de um conteúdo específico. Por fim, a Simulação usa cenários estruturados, projetados para o desenvolvimento de competências e abordagem de conteúdos específicos. Em comum, as estratégias citadas são beneficiadas pelo uso de tecnologias digitais.

Filatro e Cavalcanti (2018) também diferenciam as Realidades Virtual e Aumentada e os Jogos da Simulação. Segundo as autoras, a Realidade Virtual busca “criar uma experiência imersiva realista”, estimulando os sentidos dos estudantes e a interação em tempo real (FILATRO; CAVALCANTI, 2018, p. 139). Já a Realidade Aumentada é considerada uma evolução da Realidade Virtual, mesclando elementos do mundo físico e virtual. Os Jogos, por sua vez, têm essência recreativa e são caracterizados por regras e objetivos a serem atingidos, possibilitando aos estudantes vivenciar a tomada de decisão. Por fim, as Simulações permitem aos estudantes explorar fenômenos por meio da manipulação de parâmetros de um modelo. As autoras esclarecem que não têm como objetivo propiciar uma modelagem visual realista e interativa, como a Realidade Virtual, e não buscam o engajamento por meio do entretenimento, como os Jogos.

Outra diferenciação pertinente é a da Simulação e Encenação (*Role-playing*) (ZABALA; ARNAU, 2020). Segundo os autores, ambas as estratégias incentivam a atuação dos estudantes em uma situação. No entanto, enquanto na Encenação os estudantes assumem personagens específicos por meio da representação, com o objetivo de compreender as razões que movem suas ações e comportamentos, a Simulação não tem essa intenção. O objetivo dessa última estratégia está na compreensão dos objetos ou fenômenos estudados (ZABALA; ARNAU, 2020).

Portanto, considerando as características da Simulação frente a outros ambientes imersivos, apresentadas por Aldrich (2009), Filatro e Cavalcanti (2018) e Zabala e Arnau (2020), pode-se diferenciá-la a partir dos seus objetivos. Na educação, pode ser entendida como uma estratégia para o estudo de um conceito ou fenômeno específico, apresentando apenas as características relevantes para os objetivos a que se propõe, e permitindo a manipulação de parâmetros de um modelo para a observação do seu comportamento. Dessa forma, propõe a experimentação, conforme destaca Smaetana e Bell (2012), com a utilização de computadores ou não (CHWIF; MEDINA, 2015; CHERNIKOVA *et al.*, 2020; ZABALA; ARNAU, 2020). Além disso, não busca explorar os

sentidos ou a orientação dos estudantes na tomada de decisão por meio de regras, nem a encenação de personagens.

Zabala e Arnau (2020) propõem uma sequência de etapas para o uso da Simulação no contexto educacional: preparação, introdução, aplicação ou interação e avaliação. A preparação deve partir do conhecimento prévio dos estudantes para a apresentação de um modelo de fácil compreensão, estruturada de acordo com os objetivos de aprendizagem. A seguir, a introdução consiste na apresentação da situação a ser simulada, para que os estudantes se familiarizem com as instruções, os dados e os materiais disponíveis. Então, durante a aplicação ou interação, os estudantes realizam intervenções no modelo desenvolvido; e, por fim, realiza-se a avaliação dos resultados da simulação e do aprendizado.

Magana *et al.* (2017) apresentam duas abordagens para o uso da simulação nos processos de ensino e aprendizagem: uma em que os estudantes constroem o modelo a ser simulado, e outra em que apenas o utilizam para a observação de fenômenos. Segundo os autores, quando constroem modelos, alguns conhecimentos prévios de projeto e programação são necessários. Dessa forma, em anos iniciais dos cursos de Engenharia, os estudantes podem apresentar dificuldade excessiva em desenvolver as atividades propostas. Quando apenas utilizam os modelos para simulação, os resultados ficam restritos à observação e à compreensão de sistemas e fenômenos. Portanto, o uso da Modelagem e da Simulação deve ser proposto de acordo com o nível de conhecimento e desenvolvimento de competências dos estudantes.

Além da sequência de etapas para planejar o ensino a partir da Simulação, também é importante conhecer as etapas que constituem o método de Modelagem e Simulação, que é utilizado pelos estudantes nesta proposta de estudo de caso. Isso é descrito na subseção a seguir.

3.3.3 Método para Modelagem e Simulação

O estudo de caso proposto nesta pesquisa aborda junto aos estudantes a Modelagem e a Simulação de Eventos Discretos, que, segundo Chwif e Medina (2015, p. 6), levam em consideração “as mudanças do estado de um sistema ao longo do tempo”, ocasionadas por eventos. Entre os exemplos de aplicação apresentados pelos autores estão os processos de atendimento em aeroportos, bancos, centrais de atendimento e hospitais, além dos processos de manufatura.

Chwif e Medina (2015) apresentam um método para Modelagem e Simulação constituído por três etapas:

1. concepção: inicialmente se deve compreender o sistema em estudo e os objetivos da simulação, para a seguir definir o escopo do modelo e seu nível de detalhamento. Esse modelo é representado em um diagrama denominado modelo conceitual, que irá orientar a coleta de dados, indicando as variáveis e os parâmetros pertinentes;
2. implementação: nesta etapa o modelo conceitual é convertido em um modelo computacional, de acordo com o *software* de simulação escolhido. Esses modelos devem ser comparados, visando avaliar se a simulação atende o que foi estabelecido na etapa de concepção;
3. análise: por fim, o modelo computacional é utilizado para a realização de experimentos, gerando resultados, conclusões e recomendações sobre o sistema em estudo. Já Harrel *et al.* (2002) propõem uma sequência de nove etapas que constituem o método de Modelagem e Simulação Computacional, conforme segue:
 1. definição do problema e estabelecimento dos objetivos: inicialmente se deve identificar o problema a ser solucionado ou questão a ser respondida, a partir dos quais são definidos os objetivos que pretendem alcançar por meio da Modelagem e Simulação. Ademais, os autores argumentam sobre a importância de planejar o projeto envolvendo a Modelagem e Simulação, definindo escopo, prazos e interessados;
 2. formulação e planejamento do Modelo: nesta etapa, um projetista deverá conceber um Modelo Conceitual do sistema em estudo, contendo seus elementos fundamentais e pertinentes aos objetivos já definidos. A coleta de dados sobre o sistema deve ser planejada de forma a propiciar a eles a acuracidade e a confiabilidade dos resultados da Simulação;
 3. coleta de dados: então, executa-se a coleta de dados sobre o sistema em estudo, enquanto se desenvolve a etapa 4, descrita a seguir. Os autores esclarecem que as estratégias para a coleta de dados variam de acordo com a sua disponibilidade e natureza;
 4. desenvolvimento do modelo: o Modelo Conceitual será adaptado a um modelo lógico à medida que se aprofunda o conhecimento sobre o sistema e os dados que o descrevem. Então, é desenvolvido um Modelo Computacional, estruturado conforme os requisitos e características do *software* de Simulação adotado;

5. verificação: considera-se que um Modelo Computacional foi verificado quando corresponde às expectativas do projetista;
6. validação: esta etapa visa garantir que os Modelos Conceitual e Computacional desenvolvidos reflitam o comportamento do sistema real, permitindo o estudo de soluções para o problema inicialmente definido;
7. experimentação: com o Modelo Computacional verificado e validado, são planejados e executados testes para analisar e comparar alternativas que solucionam o problema inicialmente definido. Na análise dos resultados dos testes são utilizadas técnicas e ferramentas estatísticas;
8. análise dos resultados e apresentação: os autores recomendam que as configurações dos testes e seus resultados devem ser documentados, auxiliando na tomada de decisão sobre qual a melhor alternativa para a solução do problema inicialmente definido;
9. implementação: trata-se da implementação da solução identificada na etapa anterior.

Para a realização das etapas descritas, Magana (2017) descreve competências que devem ser desenvolvidas pelos estudantes, entre as quais destaca: identificar e resolver problemas, gerir dados e informações, analisar sistemas criticamente, conhecer e utilizar softwares de simulação e computadores, planejar e executar experimentos, comunicar os resultados de um projeto. No Quadro 14 constam as etapas do método de Modelagem e Simulação, propostas por Harrel *et al.* (2002) e Chwif e Medina (2015), relacionadas às competências selecionadas por Magana (2017).

QUADRO 14 – MÉTODO DE MODELAGEM E SIMULAÇÃO E COMPETÊNCIAS DESENVOLVIDAS

Método		Competências
Chwif e Medina (2015)	Harrel <i>et al.</i> (2002)	Magana (2017)
Concepção	Definição do problema e estabelecimento dos objetivos.	Identificar e resolver problemas.
	Formulação e planejamento do Modelo.	Gerir dados e informações.
	Coleta de dados.	
Implementação	Desenvolvimento do Modelo.	Conhecer e utilizar softwares de simulação e computadores.
	Verificação.	Analisar sistemas criticamente.
	Validação.	
Análise	Experimentação.	Planejar e executar experimentos.

Método		Competências
	Análise dos resultados e apresentação.	Comunicar os resultados de um projeto.
	Implementação.	Resolver problemas.

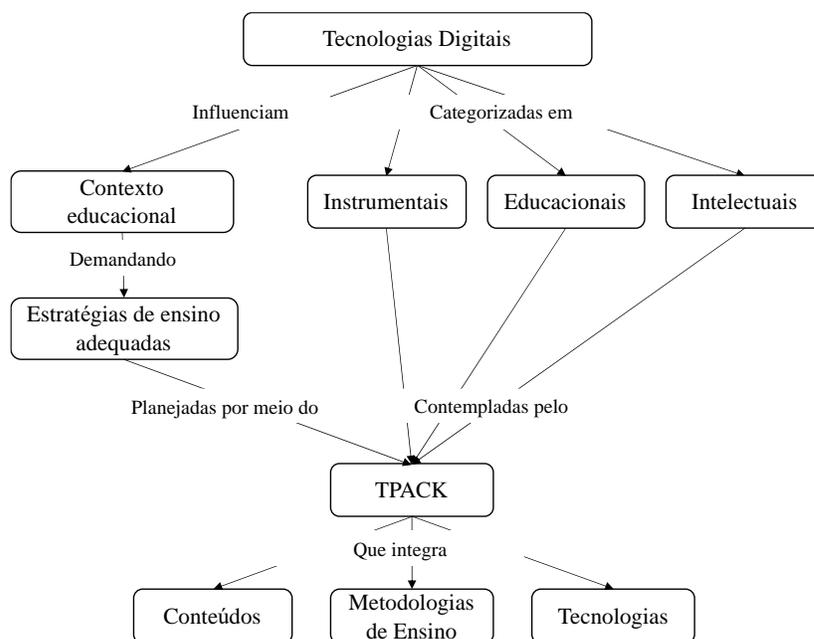
Fonte: a autora (2022).

Às estratégias de ensino e aprendizagem deste estudo – que envolvem a Aprendizagem Baseada em Projetos, Modelagem e Simulação – são integradas Tecnologias Digitais, como os Simuladores Computacionais, Planilhas Eletrônicas, Ambiente Virtual de Aprendizagem e Plataformas de Webconferência. Dessa forma, no tópico a seguir, analisam-se as influências das Tecnologias Digitais no contexto educacional e apresenta-se o modelo TPACK, o qual será utilizado como base para a abordagem proposta e descrita no capítulo Metodologia.

3.4 TECNOLOGIAS DIGITAIS PARA O ENSINO E A APRENDIZAGEM

Nesta seção, discorre-se sobre as influências exercidas pelas Tecnologias Digitais no contexto educacional, sobre seus tipos e relações com os métodos de ensino. Então, reconhecendo a necessidade de adaptar os processos de ensino e aprendizagem integrando as Tecnologias Digitais, apresenta-se o modelo *Technological Pedagogical and Content Knowledge* (TPACK). A Figura 14 apresenta o Mapa Conceitual dos conteúdos abordados.

FIGURA 10 – MAPA CONCEITUAL DA SEÇÃO TECNOLOGIAS DIGITAIS PARA O ENSINO E A APRENDIZAGEM



Fonte: a autora (2022).

Na subseção a seguir são abordadas as influências que as Tecnologias Digitais exercem no contexto educacional.

3.4.1 Influências das tecnologias digitais no contexto educacional

Segundo Fava (2018), ao longo da história, pode-se identificar diferentes períodos com configurações sociais, políticas, econômicas, culturais e educacionais próprias, resultantes da evolução humana e de tecnologias criadas. Com esse mesmo entendimento, Santaella (2013) descreve cinco gerações tecnológicas que, a partir do século XIX, contribuíram para a sociedade atual: as tecnologias do reprodutível, compreendidas pelo jornal, foto e cinema; as tecnologias da difusão, representadas pelo rádio e televisão; as tecnologias do disponível, com o desenvolvimento de tecnologias de pequeno porte e *gadgets*, como *walkman* e vídeo cassete; as tecnologias de acesso, com o surgimento da internet e computadores pessoais; e as tecnologias de conexão contínua, em que se destacam os telefones móveis. Fava (2018) complementa que atualmente se destaca o desenvolvimento da automação e da inteligência artificial, que vem gerando profundas transformações nas formas de produção e nas relações sociais.

Castells (2013) afirma que o desenvolvimento das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) vem causando uma revolução nas formas de organização da sociedade. Segundo o autor, observa-se a transformação de uma “cultura material” para um “paradigma tecnológico”, sendo este último caracterizado pela convergência de tecnologias em um sistema altamente integrado e flexível. Este sistema está disposto em redes, o que permite à sociedade organizar-se de forma aberta, dinâmica e suscetível à inovação. Também tem como característica a penetrabilidade na vida das pessoas, de forma que toda atividade passa a ser moldada pelo meio tecnológico.

De acordo com Lévy (2010) e Castells (2013), um dos marcos mais importantes para as mudanças culturais vivenciadas atualmente é a internet, base de desenvolvimento do ciberespaço. O ciberespaço suporta tecnologias que permitem amplificar, manifestar e modificar funções cognitivas, como a memória, a imaginação, a percepção e o raciocínio, por meio de novas formas de acesso à informação (LÉVY, 2010). Nesse meio tecnológico, desenvolve-se a cibercultura, permitindo a “copresença e interação em quaisquer pontos do espaço físico, social e informacional” (LÉVY, 2010, p. 49). Segundo previsão do autor, o ciberespaço se tornaria o principal canal de comunicação para transferência de arquivos e mensagens, webconferências e realização dos processos de ensino e aprendizagem por meio de dispositivos específicos. Atualmente se observa a concretização das expectativas de Lévy, com maior abrangência durante a pandemia da COVID-19, para a qual se utiliza o distanciamento físico como estratégia de proteção. Nesse contexto, o acesso à internet possibilitou o desenvolvimento de atividades de trabalho e educacionais, o acesso a atendimento médico, a outros serviços e produtos, além da interação entre pessoas.

Santaella (2013) descreve que as novas formas de acesso à informação descritas por Lévy (2010) e Castells (2013) decorrem, além da internet, das redes sem fio e dos aparelhos móveis, de modo que as tecnologias estejam arraigadas nos ambientes e nas atividades cotidianas, resultando no desenvolvimento de um tipo de comunicação descrita como “ubíqua, pervasiva e, ao mesmo tempo, corporificada e multiplamente situada” (SANTAELLA, 2013, p. 15). A essa configuração a autora denomina “ecologia midiática hipermóvel e ubíqua”, a qual gera profundas transformações na cultura, na cognição e, conseqüentemente, na educação. Assim, Bannell *et al.* (2016, p. 107) explicam que “estilos cognitivos e modos de acesso ao mundo são configurados não apenas por habilidades sensório-motoras, reflexivo-conceituais ou sociolinguísticas, mas também pelo uso de artefatos culturais, entre os quais estão as tecnologias da informação e comunicação”. Ou seja, as

TICs oferecem diferentes possibilidades para interagir com o mundo, ampliando e modificando as funções cognitivas, e, conseqüentemente, demandando mudanças nos processos de ensino e aprendizagem.

O aumento da disponibilidade da informação, das oportunidades para a criação e a diversificação do conhecimento fazem com que as configurações das escolas com propósitos disciplinares (com origem na revolução industrial) não sejam adequadas às gerações Y (nascidos entre 1980 e 2000) e Z (nascidos após 2000), fortemente impactadas pelas últimas transformações tecnológicas (SANTAELLA, 2013; FAVA, 2018). Fava (2018, p. 3) descreve que as pessoas dessas gerações “não aceitam o trabalho repetitivo, padronizado, monótono e sem propósito; buscam mais liberdade para conceber, criar, labutar; aspiram ambientes flexíveis e colaborativos”. Diante desse contexto, Fava (2018) defende o ensino para o desenvolvimento de competências, híbrido, com metodologias ativas.

Portanto, observa-se que o desenvolvimento da cultura digital desafia os professores a conhecer e adaptar-se aos novos recursos tecnológicos, o que impacta na mediação pedagógica (MASETTO, 2013; FAVA, 2018). Dessa forma, diante da necessidade de repensar a mediação pedagógica, Setton (2011) defende que os recursos tecnológicos são pedagógicos e educativos, pois possibilitam que o aluno seja autor de sua produção e sinta-se motivado a produzir e compartilhar conhecimentos. Dessa forma, segundo a autora, como usuários das TICs, passam a ser reconhecidos como um “sujeito criativo em potencial”. Kampff (2012) afirma que a utilização de tecnologias digitais na educação pode ser transformadora, pois facilita o acesso à informação e propicia a interação com outras pessoas. Sendo assim, torna-se pertinente a discussão sobre o uso dessas tecnologias em situações oportunas de aprendizado.

O Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) define Tecnologias de Informação e Comunicação como:

Recursos didáticos constituídos por diferentes mídias e tecnologias, síncronas e assíncronas, tais como: ambientes virtuais e suas ferramentas; redes sociais e suas ferramentas; fóruns eletrônicos; *blogs*; *chats*; tecnologias de telefonia; teleconferências; videoconferências; TV; rádio; programas específicos de computadores (*softwares*); objetos de aprendizagem; conteúdos disponibilizados em suportes tradicionais ou em suportes eletrônicos (INEP, 2017, p. 49).

Kampff (2012) apresenta as definições de tecnologias instrumentais, intelectuais e educacionais. Segundo a autora, são denominadas tecnologias instrumentais as máquinas, os

aparelhos e as ferramentas, comumente utilizadas nas tarefas cotidianas, tais como eletrodomésticos, computadores e telefones; são classificadas como tecnologias intelectuais as formas de apresentar e compartilhar o conhecimento, estando essas relacionadas à linguagem e à escrita, sendo um exemplo atual a utilização de hipertextos; e, como tecnologias educacionais, são indicadas aquelas empregadas com fins educacionais, desde lousa e giz aos computadores conectados à internet.

Entre as tecnologias educacionais, Kampff (2012) elenca as mídias – impressos, rádio e audiovisuais –, a informática, os softwares educacionais e a internet. No que tange às tecnologias educacionais digitais, Moran (2013) destaca o uso, pelas instituições de ensino, dos ambientes virtuais de aprendizagem; também a possibilidade de uso de outros recursos digitais, que possuem acesso facilitado e gratuito, sendo exemplos os *blogs* e *podcasts*. Segundo o autor, seu uso integrado facilita a pesquisa e a comunicação, além de tornar o processo de ensino e aprendizagem mais flexível para adaptar-se às necessidades de cada aluno.

Koretsky e Magana (2019) também classificam as tecnologias utilizadas no contexto educacional, mas considerando o ensino de engenharia especificamente. De acordo com os autores, podem ser: tecnologias que promovam a inovação nos processos de ensino e aprendizado, desenvolvidas com o propósito de mediação, como os Ambientes Virtuais de Aprendizagem; tecnologias necessárias às atividades dos engenheiros, para as quais precisam desenvolver competências específicas, como o uso de Simuladores; e as TICs, presentes no cotidiano e adaptadas ao contexto educacional.

No entanto, Moran (1995) argumenta que a relação pedagógica pode não sofrer influência pelo simples uso de tecnologias educacionais digitais, sendo o papel desempenhado pelo professor um fator decisivo. Segundo o autor, quando o professor tem um perfil autoritário, utiliza os recursos tecnológicos como ferramenta de controle de seus alunos. Por outro lado, quando o professor está disposto a inovar em suas práticas pedagógicas, encontra nas tecnologias oportunidades de ampliar sua interação com os alunos (MORAN, 1995). Portanto, não são os recursos que definem a aprendizagem, são as pessoas, o projeto pedagógico e a gestão. Apesar disso, segundo o autor, “não há dúvida de que o mundo digital afeta todos os setores, as formas de produzir, de vender, de comunicar-se e aprender” (MORAN, 2013, p. 12).

Portanto, o uso de Tecnologias Digitais pode influenciar a aprendizagem de diferentes formas, conforme o modo em que se dá (BANNELL *et al.*, 2016). Diante dessa ressalva, se

reconhece a necessidade de integrar conhecimentos, tecnologias e metodologias de ensino, como propostos pelo modelo TPACK, descrito a seguir.

3.4.2 Modelo TPACK

Conforme apresentado na seção anterior, a educação do século XX e XXI é marcada por métodos, metodologias e tendências ligadas às Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação. Vive-se em meio a uma Cultura Digital, em que os dispositivos digitais são usados em massa para acessar informações e produzi-las, de forma individual ou colaborativa, criando oportunidades para o aprendizado, dependendo de como são utilizados (BANNELL *et al.*, 2016).

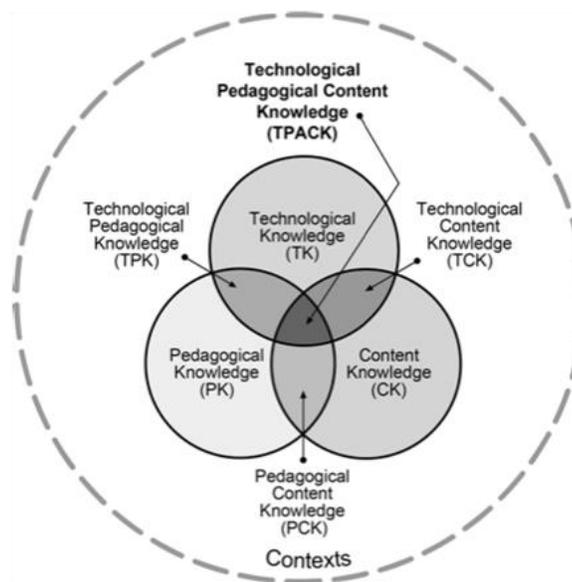
Koretsky e Magana (2019) orientam que a integração das tecnologias aos processos de ensino e à aprendizagem precisa ser planejada considerando suas finalidades – para mediação, interação ou uso em atividades de engenharia – sendo que todas são necessárias para o alcance dos objetivos de aprendizado. Dessa forma, devem ser adaptadas aos contextos específicos em que o ensino ocorre e às especialidades dos cursos, além de abordadas junto a metodologias de ensino que propiciem o desenvolvimento de competências em seus usos.

Quando as tecnologias são associadas às Metodologias Ativas, podem ser observados benefícios para o aprendizado, conforme revisão da literatura realizada por Carneiro *et al.* (2020). Dessa forma, para planejar estratégias de ensino adequadas, sugere-se utilizar o modelo *Technological Pedagogical and Content Knowledge* (TPACK), o qual integra os conhecimentos tecnológicos, pedagógicos e de conteúdo, de acordo com o contexto em que se está atuando, proposto por Mishra e Koehler (2006) a partir das ideias de Shulman (1986). Willermark (2017), em uma revisão sistemática da literatura, constata que o modelo geralmente é utilizado para a avaliação dos professores quanto aos conhecimentos contemplados, como também pode servir como referência para o planejamento do ensino. De acordo com Mutanga, Nezandonyi e Bhukuvhani (2018), o ensino de engenharia pode se beneficiar do modelo, já que tem crescido o interesse de professores em incorporar Tecnologias Digitais em suas aulas para auxiliar os estudantes na compreensão do conteúdo e no desenvolvimento de competências digitais.

O modelo TPACK propõe a interposição de três tipos de conhecimento – de conteúdo, pedagógico e tecnológico – como forma de promover o aprendizado a partir de suas relações dinâmicas e transacionais (HARRIS; MISHRA; KOEHLER, 2009). Conforme esclarecem os

autores, o conhecimento de conteúdo se refere a conceitos, teorias, modelos, metodologias, entre outros geralmente descritos nos conteúdos programáticos dos currículos; o conhecimento pedagógico compreende os elementos que compõem os processos de ensino e aprendizagem, como objetivos, valores e estratégias; já o conhecimento de tecnologia se refere às TICs e está em constante mutação, conforme se dá a evolução tecnológica. Além dos conhecimentos que compõem o modelo, se reconhece que as situações em que os processos de ensino e aprendizagem ocorrem são únicas, de modo que o contexto também deve ser observado ao se planejar estratégias de ensino (TPACK ORG, 2012). A Figura 11 representa o modelo TPACK.

FIGURA 11 – MODELO TPACK



Fonte: TPACK ORG (2012).

Na Figura 11, que ilustra o modelo TPACK, é possível observar o destaque para as intersecções entre os conhecimentos. Dessa forma, tanto se deve conhecer o conteúdo a ser ensinado, como identificar as melhores formas de um estudante aprender esse conteúdo, selecionando a metodologia mais adequada, o que é indicado na intersecção PCK, entre CK (conteúdo) e PK (pedagogia ou metodologia). Da mesma forma, os recursos tecnológicos e o conhecimento de como utilizá-los devem estar associados à metodologia mais adequada, conforme intersecção TPK, entre TK (tecnologia) e PK, assim como há relação entre os recursos e os

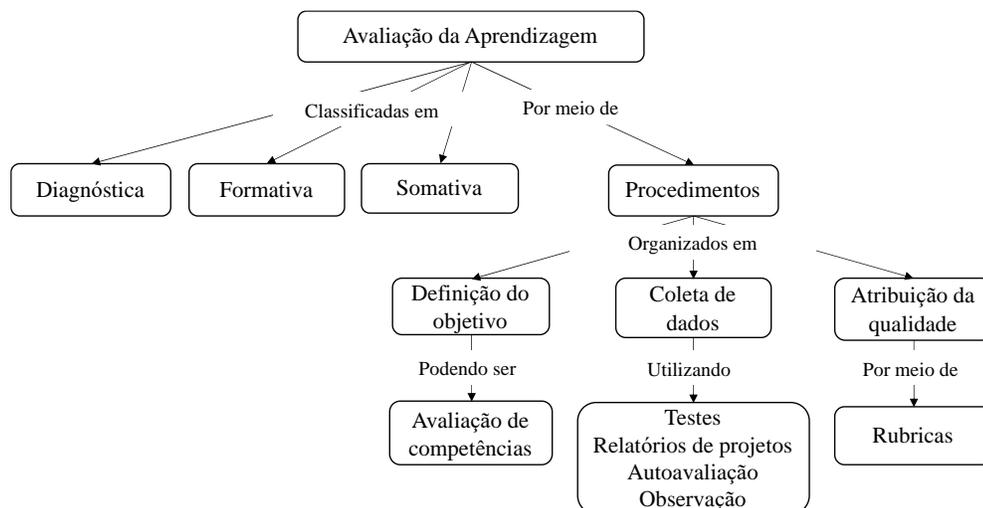
conteúdos, o que é indicado na intersecção TCK, entre TK e CK. Por fim, a composição dos três aspectos que se influenciam mutuamente é indicada pela intersecção central TPACK.

Em uma bibliometria contemplando artigos sobre TPACK publicados na base Springer nos últimos dez anos, Irwanto (2021) observa o crescente interesse pelo modelo, sendo a principal causa a emergente necessidade de integrar as TICs nos contextos educacionais. Por exemplo, Arslan, Arslantas e Baran (2021) relatam a realização de um programa de mentoria para professores de cursos de Engenharia em que o modelo TPACK foi abordado para auxiliar na integração de tecnologias aos processos de ensino e aprendizagem. Para isso, buscou-se conhecer os potenciais recursos tecnológicos, softwares e sua aplicação no contexto de ensino de engenharia, e, posteriormente, as melhores combinações entre tecnologias e metodologias pedagógicas para abordar um assunto específico. Como resultado, professores e estudantes relataram uma melhor experiência de ensino e aprendizagem.

3.5 AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

Nesta seção são abordados as definições e os procedimentos para a avaliação da aprendizagem. Com o objetivo de avaliar o desenvolvimento de competências, são identificados instrumentos e métodos de apoio, como as Rubricas. A Figura 12 apresenta o Mapa Conceitual dos conteúdos contemplados.

FIGURA 12 – MAPA CONCEITUAL DA SEÇÃO AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM



Fonte: a autora (2022).

Na subseção a seguir são apresentados as definições e o processo de avaliação.

3.5.1 Definições e processo de avaliação

O ato de avaliar consiste em uma prática investigativa cujo objetivo é revelar a qualidade sobre uma realidade (LUCKESI, 2018). A qualidade, por sua vez, é atribuída comparando a realidade com critérios pré-estabelecidos a partir do senso-comum ou por meio de uma metodologia apropriada, as quais permitem observar características positivas, medianas ou negativas. Segundo o autor, essa prática é inerente ao ser humano, realizada de forma habitual ou consciente, antecedendo a tomada de decisão e a ação decorrente. No contexto educacional, Sant’Anna (2014, p. 31) conceitua a avaliação como “um processo pelo qual se procura identificar, aferir, investigar e analisar as modificações do comportamento e rendimento do aluno, do educador, do sistema, confirmando se a construção do conhecimento se processou, seja esse teórico ou prático”.

Luckesi (2018) esclarece que a investigação da qualidade da realidade se dá no âmbito da avaliação, enquanto a tomada de decisão pertence ao âmbito da gestão da ação. No que se refere à ação como consequência da avaliação, o autor observa duas abordagens: a diagnóstica e a seletiva. Dessa forma, segundo o autor, tem-se abordagem diagnóstica quando os resultados das avaliações subsidiam ações para que os critérios de qualidade estabelecidos sejam atendidos. No contexto educacional, essa é observada quando o professor utiliza os resultados de avaliação para acompanhar e orientar os estudantes no processo de aprendizagem. Já a abordagem seletiva tem objetivo classificatório, sendo comumente utilizado para aprovar ou reprovar os estudantes (LUCKESI, 2018).

Sant’Anna (2014) considera três modalidades de avaliação, conforme sua função – diagnóstica, formativa e somativa –, entendendo-as como complementares e dispondo-as de forma sequencial. A avaliação diagnóstica visa “determinar a presença ou ausência de conhecimentos e habilidades”, fornecendo subsídios para estabelecer novos objetivos ou retomar objetivos não atingidos (SANT’ANNA, 2014, p. 32). Para isso, a autora sugere a autoavaliação, incentivando o estudante a refletir sobre o que e como aprendeu. A avaliação formativa, de forma complementar, tem como objetivo o acompanhamento do processo de desenvolvimento do estudante, por meio da

observação e reflexão, permitindo o replanejamento dos processos de ensino e aprendizagem (SANT'ANNA, 2014). Por fim, a autora descreve a avaliação somativa como uma ação classificatória ao final de um processo ou período.

Luckesi (2018) descreve três passos metodológicos para a avaliação, sendo: i) definir o objetivo da avaliação investigativa; ii) coletar os dados necessários para observar a realidade; iii) atribuir qualidade à realidade. Para o primeiro passo, é necessário definir um protocolo adequado para a avaliação, identificando as variáveis que serão observadas, os recursos necessários para coletar os dados correspondentes a elas, e estabelecer critérios de qualidade utilizados como referência na avaliação. A seguir, executa-se o protocolo, atentando para a validade dos dados obtidos. Então, compara-se a realidade descrita a partir das variáveis e dados coletados com os critérios pré-estabelecidos, caracterizando-a quanto à qualidade.

3.5.2 Avaliação de competências por rubricas

O contexto atual marcado pelas inovações tecnológicas e disponibilidade de informações influenciam os processos de ensino e aprendizagem, valorizando a comunicação, a inovação, a criatividade, a autonomia e o protagonismo dos estudantes (FERRAZ; LORDELO; SAMPAIO, 2019). Assim, não é suficiente aprender os conteúdos, é preciso desenvolver aprendizagens múltiplas e mobilizar diferente saberes (saber ser, saber fazer e saber conviver) para inovar e resolver problemas, demandando novas abordagens de ensino. Nessas abordagens, a avaliação é parte fundamental, conforme argumentam os autores Ferraz, Lordelo e Sampaio (2019, p. 198): “como se avalia deve estar em sintonia com a forma como se ensina”. Reconhecendo essa realidade, as DCNs dos cursos de Engenharia definem que as avaliações devem ter como objetos as competências, as habilidades e os conteúdos curriculares (MEC, 2019).

Scallon (2015) afirma que o objeto principal da avaliação deve ser a capacidade de um indivíduo mobilizar os diferentes recursos aprendidos em uma situação ou problema, sendo a mobilização um conceito chave associado à definição de competência, conforme apresentado na subseção anterior. Nesse sentido, o autor sugere a transposição do termo avaliação para *assessment*, cuja tradução mais próxima ao seu sentido original seria “avaliação de desempenho”. Na avaliação de desempenho, deve-se assegurar o acompanhamento dos estudantes e incentivá-los a empregar seus saberes em um procedimento, processo ou produção.

Uma vez que a competência consiste em uma ação eficiente em uma situação real, a sua avaliação deve-se dar no mesmo momento e contexto em que a mobilização dos saberes ocorre. Assim, Zabala e Arnau (2010, p. 174) definem a avaliação de competências como “utilizar os meios possíveis que permitam reconhecer se os esquemas de atuação que os alunos aprenderam podem lhes ser úteis para superar situações reais em contextos também reais”. Percebe-se, portanto, a dependência da avaliação a situações ou problemas, tornando-se os meios para avaliar as competências (ZABALA; ARNAU, 2010; SCALLON, 2015).

Além das situações em que os estudantes desempenham seus saberes, Scallon (2015) apresenta outras características da avaliação de competências: interatividade entre examinador e examinado; caráter multidimensional da aprendizagem, integrando competências, saberes, atitudes, disposições e valores; importância dada à progressão quanto à aquisição de uma competência; utilização de produtos, mas também da observação dos processos utilizados; integração da avaliação ao processo de aprendizagem; participação do aluno e incentivo à auto avaliação.

Zabala e Arnau (2010) defendem que a avaliação de competências deve ter o objetivo de auxiliar os estudantes em seus desenvolvimentos, fornecendo informações do planejamento de estratégias de ensino adequadas. Dessa forma, deve-se avaliar a capacidade de compreensão e análise da situação ou problema, o conhecimento e a seleção de esquema apropriado para a ação e o consequente resultado. Para isso, os autores consideram necessário identificar indicadores de desempenho relacionados aos saberes conceituais, procedimentos e atitudinais, além de instrumentos e atividades variadas para a coleta de dados. Vale destacar que esses saberes não podem ser avaliados de forma isolada, assim como são integrados para o pleno desenvolvimento dos estudantes, conforme afirmam Baartman e Bruijn (2011).

Entre os instrumentos de avaliação, a prova é frequentemente utilizada nos cursos superiores (FERRAZ; LORDELO; SAMPAIO, 2019). Os autores explicam que, quando bem elaboradas, permitem avaliar individualmente a compreensão dos conteúdos, a resolução e os problemas, a capacidade de interpretação de texto e a argumentação. Contudo, não são suficientes para avaliar todas as competências demandadas dos engenheiros, como trabalho em equipe e comunicação oral. Dessa forma, outros instrumentos devem ser utilizados, estando relacionados aos métodos de ensino. Por exemplo, na Aprendizagem em Pares, ao acompanhar a interação entre os estudantes, o professor consegue realizar uma avaliação diagnóstica e fornecer retorno imediato;

na Aprendizagem Baseada em Projetos, a observação dos desempenhos dos estudantes durante o desenvolvimento dos trabalhos e a análise dos relatórios permitem avaliar competências pessoais, interpessoais e profissionais.

Conforme revisão sistemática da literatura realizada por Cruz, Saunders-Smiths e Groen (2019), questionários, rubricas, testes, observação, entrevistas e portfólios são os meios mais utilizados para avaliar as competências, com destaque para as rubricas. Essas são sugeridas por Scallon (2015) a fim de auxiliar na identificação de indicadores de desempenho e nas avaliações, sendo definidas como categorias de avaliação, para as quais são atribuídas escalas numéricas sequenciais, descritas conforme as qualidades esperadas a serem associadas a uma nota. Portanto, trata-se de uma referência para atribuir uma nota a uma produção. Nesse sentido, critérios de avaliação devem ser relacionados às competências a serem desenvolvidas; desempenhos esperados devem ser estabelecidos, esclarecendo aos estudantes os resultados que devem chegar em uma atividade; e um sistema de pontuação deve associar os desempenhos observados a uma graduação de notas ou conceitos (FERRAZ; LORDELO; SAMPAIO, 2019).

Caritá *et al.* (2019) utilizaram rubricas para a avaliação em um curso de Engenharia de Produção, com o objetivo de estabelecer critérios de qualidade para as atividades desenvolvidas pelos estudantes. Dessa forma, as atividades foram decompostas em etapas, descritas conforme os resultados esperados e associadas a uma pontuação. Os autores concluem que as rubricas podem esclarecer aos estudantes quanto às competências que devem desenvolver, além de auxiliar os professores em uma avaliação equitativa e identificar as dificuldades dos estudantes.

De acordo com Marcheti (2020), as rubricas contêm três elementos essenciais: critérios de avaliação, definições de qualidade e indicadores. Os critérios de avaliação definem o que será avaliado; as definições de qualidade explicitam o desempenho dos estudantes, podendo ser qualitativas (por exemplo, suficiente ou insuficiente) ou quantitativas (notas); e os indicadores permitem comparar os resultados esperados aos obtidos. No Quadro 15, tem-se um modelo genérico de rubricas adaptado de Marcheti (2020).

QUADRO 15 – MODELO GENÉRICO DE RUBRICAS

Critérios	Definições de qualidade		
	Nível 1	Nível 2	Nível n
Competência 1	Indicadores		

Competência 2	
Competência n	

Fonte: adaptado de Marcheti (2020).

Os instrumentos para a avaliação de competências propostos neste estudo são apresentados no capítulo a seguir.

4. METODOLOGIA

Neste capítulo, inicialmente se apresenta o contexto em que o estudo é realizado por meio de informações sobre a Universidade e o Componente Curricular contemplados. A seguir, faz-se a classificação da pesquisa, descrevendo os métodos mistos e, especificamente, o *Design Based Research (DBR)*. Então, são descritos os instrumentos de coleta de dados e, na subseção seguinte, os seus métodos de análise. Também são definidos os procedimentos de verificação e validação, além dos procedimentos metodológicos.

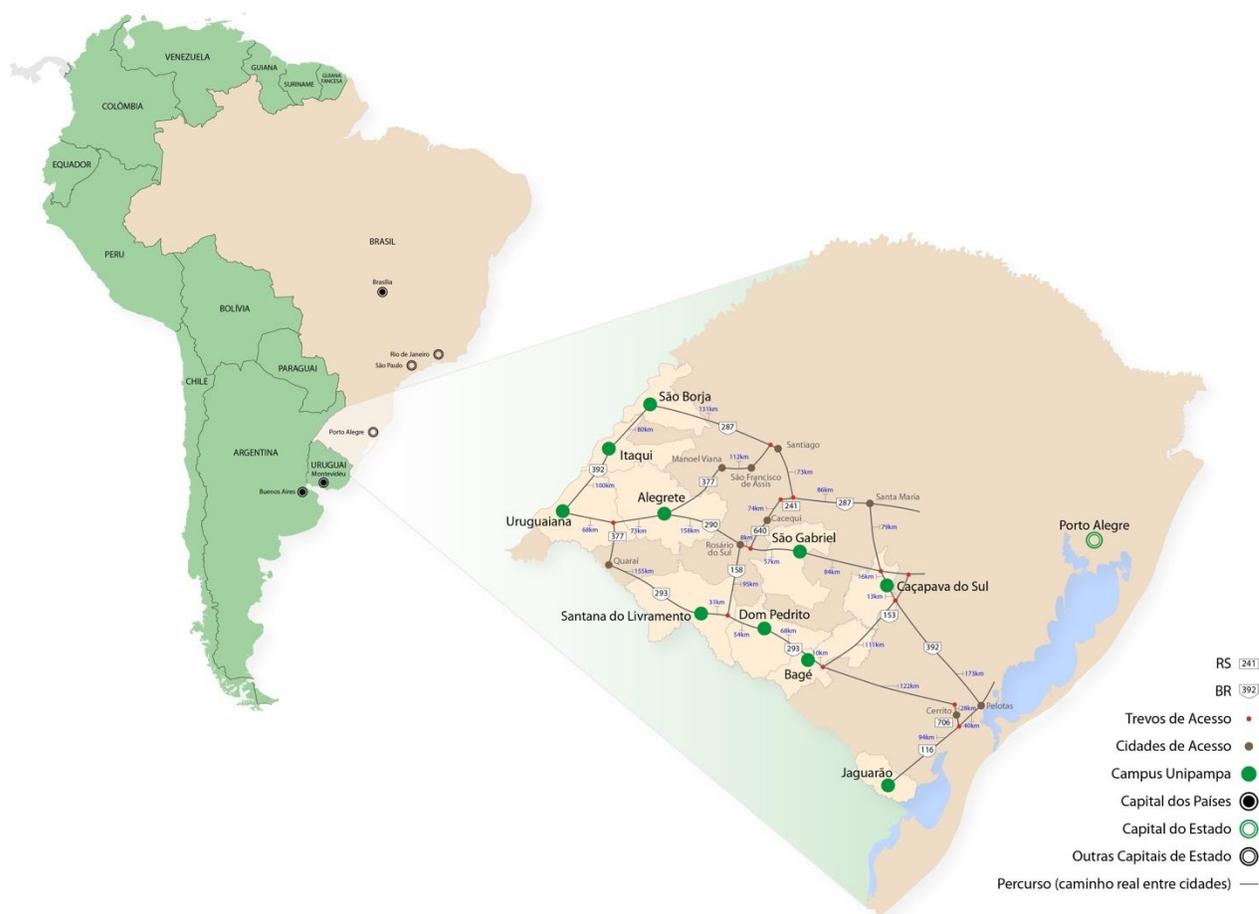
O presente projeto foi submetido ao Comitê de Ética da PUCRS pelo registro 10977 e aprovado. Também foi registrado como Projeto de Pesquisa no Sistema Acadêmico de Projetos (SAP) da UNIPAMPA, com registro 763, cuja Carta de Autorização Institucional foi assinada pelo Coordenador Acadêmico do campus Bagé, conforme Apêndice D. Os participantes da pesquisa assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), conforme modelo apresentado no Apêndice A.

4.1 CONTEXTO EM QUE A PESQUISA É REALIZADA

A Fundação Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) foi instituída em 2008 pelo Governo Federal, conforme a Lei nº 11.640, de 11 de janeiro de 2008 (BRASIL, 2008), com o objetivo de fomentar o desenvolvimento econômico e educacional da região sudoeste do Rio Grande do Sul (UNIPAMPA, 2015a). São atividades fins da UNIPAMPA: o ensino; a pesquisa e a extensão, que ocorrem por meio do ensino superior; pós-graduação; e projetos.

A UNIPAMPA é uma instituição *multicampi*, com instalações em Alegrete, Bagé, Caçapava do Sul, Dom Pedrito, Itaqui, Jaguarão, Santana do Livramento, São Borja, São Gabriel e Uruguaiana, as quais são indicadas na Figura 13 (UNIPAMPA, 2015a). Entre todos os *campi* mencionados, são ofertados vinte e quatro cursos de graduação em licenciatura e quarenta e três em bacharelado, além de seis cursos tecnológicos.

FIGURA 13 – INSTALAÇÕES DA UNIPAMPA



Fonte: UNIPAMPA (2015a).

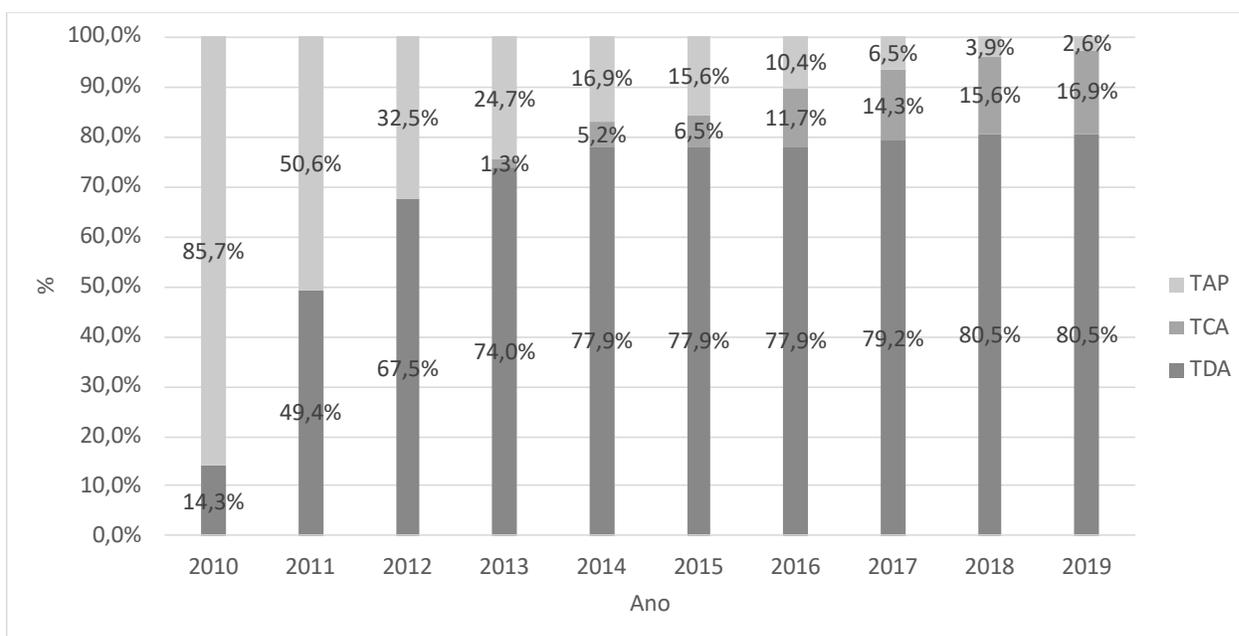
Entre os cursos de graduação em bacharelado está o de Engenharia de Produção, ofertado na modalidade presencial, turno noite, no campus Bagé, desde 2006. Este curso tem carga horária total de 3.600 horas e duração de cinco anos (UNIPAMPA, 2015b). Para compreender a situação atual do curso quanto ao seu objetivo de graduar bacharéis em Engenharia de Produção, pode-se avaliar indicadores, como: número de alunos com vínculo ativo, número de formados e número de evadidos. No primeiro semestre de 2021, 239 estudantes encontram-se com vínculo ativo; ainda, entre os anos 2011 e 2020, 174 estudantes concluíram a referida graduação; já o quantitativo de estudantes evadidos supera consideravelmente o número de formados, totalizando 503 para o mesmo período. A partir dessas informações, vale aprofundar a análise quanto aos indicadores de evasão e conclusão, tendo como referência os índices Taxa de Desistência Acumulada, Taxa de

Conclusão Acumulada e Taxa de Permanência, os quais são acompanhados pelo Ministério da Educação e apresentados no Resumo Técnico do Censo da Educação Superior 2019 (INEP, 2021).

A Taxa de Desistência Acumulada (TDA) representa o percentual do número de estudantes que desistiram do curso de graduação até um determinado ano (acumulado) em relação aos ingressantes de um ano de referência. Para o referido censo, foi considerado o período de 2010 a 2019, sendo 2010 o ano de referência de ingressantes; já a Taxa de Conclusão Acumulada (TCA) apresenta o percentual do número de estudantes que concluíram um curso de graduação até um determinado ano (acumulado) em relação aos ingressantes de um ano de referência; e a Taxa de Permanência (TAP) representa o percentual do número de estudantes com vínculos ativos no curso de graduação até um determinado ano (acumulado) em relação aos ingressantes de um ano de referência (INEP, 2021).

Os índices TDA, TCA e TAP para o curso de Engenharia de Produção da UNIPAMPA, considerando o período 2010 a 2019, são apresentados no Gráfico 7. Para os cálculos, os dados foram extraídos dos relatórios disponibilizados pelo Sistema de Informações da UNIPAMPA com acesso público pelo site (UNIPAMPA, 2021), e apresentados de forma discriminada no Apêndice B. Observa-se que, até 2019, 80,5% dos ingressantes de 2010 evadiram do curso em análise, enquanto o índice brasileiro, considerando todos os cursos de graduação, é de 59%, de acordo com o Censo da Educação Superior 2019 (INEP, 2021); sendo que apenas 16,9% concluíram o curso, enquanto o índice TCA brasileiro é de 40%.

GRÁFICO 7 – ÍNDICES TDA, TCA E TAP PARA O CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA UNIPAMPA



Fonte: a autora (2022).

Esses resultados contextualizam a situação atual do curso em que o presente estudo será desenvolvido, indicando a necessidade de planejar ações de melhoria para a redução da evasão e o aumento do número de formados. Nesse sentido, a Resolução CONSUNI/UNIPAMPA n° 300, de 10 de dezembro de 2020, estabelece o Programa Institucional de acompanhamento e enfrentamento da retenção e evasão, que tem entre as ações previstas alterações quanto aos Projetos Pedagógicos de Curso, o qual inclui as metodologias de ensino e aprendizagem e Tecnologias da Informação e Comunicação educacionais (UNIPAMPA, 2020).

Diante das informações apresentadas, a presente pesquisa pode contribuir para o curso ao estudar o desenvolvimento de competências com o uso de metodologias e tecnologias específicas, não apenas pela necessidade de implementação adequada das novas DCNs das engenharias para a qualificação nacional da formação de engenheiros, mas para gerar ambientes de aprendizagem mais significativos e engajadores, favorecendo permanência e êxito.

Como contexto de desenvolvimento da pesquisa, tem-se o componente curricular Simulação, alocado no 9º semestre da grade curricular, ofertado regularmente nos primeiros semestres de cada ano, quando teve em média vinte e um estudantes (período de 2018 a 2021). Também há oferta extra nos segundos semestres de cada ano, quando a média de matriculados cai

para oito estudantes (período de 2018 a 2020). Ademais, a taxa de reprovação no componente curricular é, em média 11%, considerando seis semestres entre 2018 e 2020, geralmente por frequência e nota.

Após a apresentação do contexto em que a pesquisa é desenvolvida, na seção a seguir, descreve-se a classificação da pesquisa.

4.2 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

De acordo com a classificação de pesquisas proposta por Gil (2017), o presente estudo tem natureza aplicada e objetivos exploratórios, uma vez que busca investigar o desenvolvimento de competências de estudantes de Engenharia, testando hipóteses quanto a Metodologias Ativas e Tecnologias Digitais. Quanto à abordagem empregada, propõe-se o uso de métodos qualitativos e quantitativos. O desenvolvimento das pesquisas qualitativa e quantitativa quanto às suas estratégias e técnicas de validação fez evoluir os métodos mistos, os quais utilizam pontos fortes de ambas (CRESWELL, 2010). Dessa forma, Creswell (2010, p. 27) afirma que “a pesquisa de métodos mistos é uma abordagem da investigação que combina ou associa as formas qualitativa e quantitativa”. Segundo o autor, a escolha pelos métodos mistos pode se dar pela complexidade do modelo abordado, sendo que apenas o método qualitativo ou quantitativo não é suficiente para a resolução; e/ou pela natureza interdisciplinar da pesquisa, que envolve indivíduos com interesses e abordagens metodológicas diferentes.

A presente pesquisa tem natureza interdisciplinar, uma vez que estabelece relações entre diferentes áreas do conhecimento: educação e engenharia. Lüdke e André (2013) avaliam que os fenômenos educacionais são mais bem compreendidos por meio de metodologias qualitativas, considerando suas características: a proximidade do pesquisador com o ambiente de investigação e o enfoque nos processos e procedimentos acima dos resultados. No entanto, as autoras também reconhecem a importância dos métodos analíticos, que também são descritos por Miguel (2012) para pesquisas na engenharia. Segundo Miguel (2012), para os problemas de engenharia, os pesquisadores buscam estratégias que permitam a mensurabilidade, a causalidade, a generalização e a replicação, características das metodologias quantitativas. Por outro lado, o autor observa que as metodologias qualitativas possibilitam obter informações na perspectiva de indivíduos, assim como interpretar o ambiente em que os problemas estão inseridos.

Portanto, diante das preferências por metodologias quantitativas e qualitativas descritas por Miguel (2012) e Lüdke e André (2013), identificam-se interesses distintos entre o público-alvo desta pesquisa, sendo estes pesquisadores e profissionais da educação em engenharia. Booth, Colomb e Williams (2019) argumentam sobre a importância de identificar e contemplar as necessidades do público-alvo nas pesquisas, potencializando a contribuição para o seu conhecimento. Além disso, após uma revisão da literatura sobre simulação, Magana e Jong (2018) identificam a necessidade das pesquisas sobre aprendizado a partir da simulação avançarem além das avaliações de satisfação dos envolvidos, contemplando também metodologias quantitativas. Então, justifica-se não somente a escolha de métodos mistos para atender a complexidade dos fenômenos educacionais estudados e as questões de pesquisa propostas, como também se considera a interdisciplinaridade desta pesquisa.

O *Design Based Research* (DBR) foi definido como abordagem metodológica, incorporando as metodologias qualitativas e quantitativas. De acordo com Matta, Silva e Boaventura (2014), o DBR é recomendado para pesquisas em ambientes reais e complexos, como as que ocorrem no contexto educacional, em que o aprendizado é influenciado por diversos fatores que não podem ser isolados, por exemplo, ambiente, recursos, relacionamentos, conteúdos, metodologias, características dos estudantes, entre outros. Sendo assim, visto que esta pesquisa busca compreender como viabilizar o desenvolvimento de competências dos alunos dos cursos de Engenharia, considerando metodologias, tecnologias e conteúdos, esta estratégia se mostra adequada; sendo que será conduzida com estudantes do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Pampa, matriculados no componente Simulação.

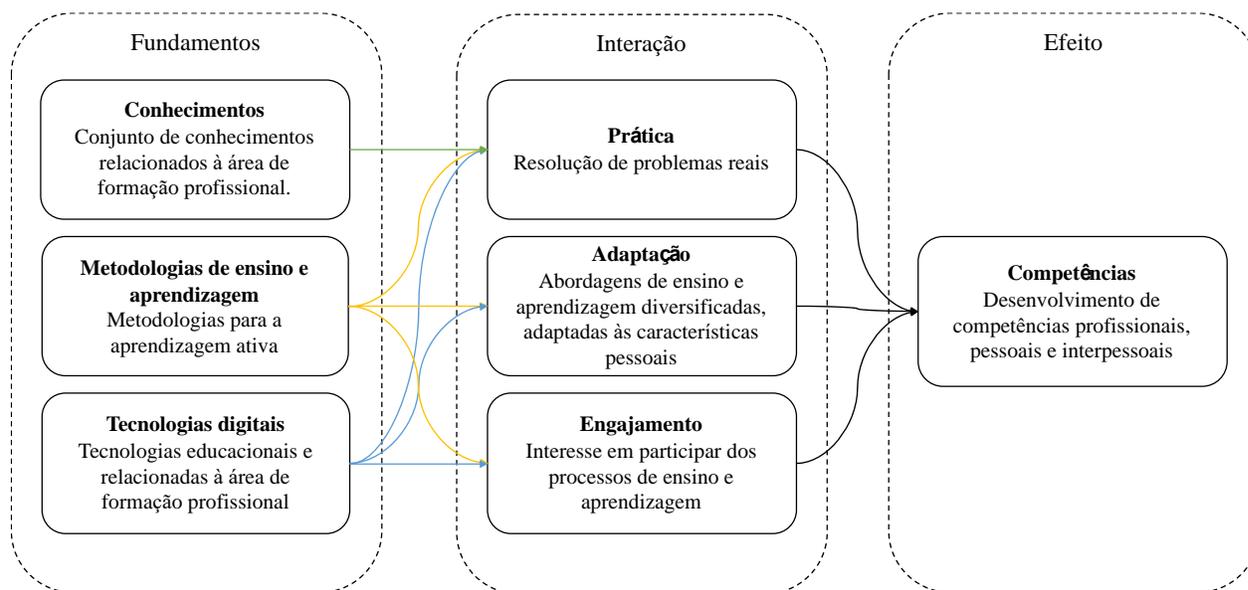
O método DBR permite a aproximação entre a teoria e a prática, por meio da intervenção e da observação no ambiente em estudo, as quais se dão em iterações, de modo que o projeto de um novo recurso ou prática seja desenvolvido gradativamente. Assim, os resultados de cada iteração são utilizados como insumos para as iterações seguintes, buscando atingir os objetivos propostos para a pesquisa. Essa proposta de iterações pode ser considerada um diferencial do DBR, propiciando flexibilidade e inovação para o projeto, e adequando-se às necessidades do contexto em que é realizado (ANDERSON; SHATTUCK, 2012; MATTA; SILVA; BOAVENTURA, 2014).

Ao analisar teses desenvolvidas no contexto do ensino superior, Kennedy-Clark (2013) observa a contribuição do DBR em projetos locais, que, apesar de não realizarem pesquisas em

larga escala, contribuíram para a construção de teorias devido à confiabilidade das estratégias utilizadas. Outros benefícios percebidos são: construção de artefatos, prototipagem, flexibilidade dos procedimentos metodológicos e participação ativa dos interessados nos projetos. No contexto educacional, Pimentel, Filippo e Santos (2020) compreendem artefatos como aulas, recursos didáticos e práticas educacionais, relacionando o desenvolvimento desses artefatos às pesquisas científicas realizadas por meio de DBR.

No DBR, inicialmente, desenvolve-se um mapa de conjecturas a partir da revisão da literatura e de um conjunto de conhecimentos, representando os pressupostos para a construção dos artefatos. Sandoval (2013) esclarece que o mapa de conjecturas é composto pelos fundamentos que embasam a construção dos artefatos, as interações do público-alvo dos artefatos com esses fundamentos e os efeitos resultantes dessas interações. Na Figura 14, tem-se a primeira versão do mapa de conjecturas da pesquisa. Ele é formado por três colunas, que são: fundamentos, interação e efeito. A coluna fundamentos contém conhecimentos, metodologias de ensino e aprendizagem e tecnologias digitais que se relacionam com as demais colunas. Assim, os *conhecimentos* da área de formação promovem o desenvolvimento da *prática* na resolução de problemas reais pelos estudantes; enquanto as *metodologias de ensino e aprendizagem* e as *tecnologias digitais* são *adaptadas* às características dos estudantes e influem na *prática*; gerando *engajamento* porque os motivam a participar dos processos de ensino e aprendizagem. Nesse processo têm por *efeito* as *competências*. Então, a prática, a adaptação e o engajamento são fundamentais para o desenvolvimento de competências.

FIGURA 14 – MAPA DE CONJECTURAS INICIAL



Fonte: a autora (2022).

Para planejar os procedimentos dos métodos mistos, Creswell (2010) recomenda que os seguintes aspectos sejam considerados: a distribuição da coleta de dados ao longo do tempo, a combinação de bases de dados e a perspectiva de teorização. A partir dos aspectos mencionados, a presente pesquisa adota uma estratégia incorporada concomitante aos dados qualitativos e quantitativos que são coletados simultaneamente; os dados são mantidos separados, proporcionando diferentes perspectivas de avaliação para o problema, e há uma perspectiva teórica explícita (CRESWELL, 2010). Além disso, a coleta de dados ocorre em iterações, em que os resultados de uma iteração subsidiam alterações na proposta original, impactando a iteração posterior, conforme o desenvolvimento em ciclos proposto pelo DBR.

Na seção a seguir são apresentados os procedimentos e o instrumento para a coleta de dados.

4.3 COLETA DE DADOS

A coleta de dados se deu a partir de documentos, registros em arquivos e entrevista focada, conforme o Quadro 16. Segundo Yin (2005), os documentos podem ser correspondências, relatórios, documentos administrativos, avaliações ou informativos, os quais, de acordo com Creswell (2010), constituem evidências escritas e permitem ao pesquisador obter a linguagem e as

palavras dos participantes. Neste estudo, identificam-se como fonte de dados documentais: a revisão da literatura; os documentos administrativos, sendo o Projeto Político Pedagógico do Curso e o Plano de Ensino; e as avaliações, na forma de relatórios de avaliação elaborados pelos estudantes sobre o projeto que desenvolveram ao longo do semestre.

Os registros em arquivos possibilitam uma análise quantitativa, o que os diferencia dos documentos, podendo ser registros de serviços, organizacionais, mapas, listas, dados oriundos de levantamento e registros pessoais (YIN, 2005). Na presente pesquisa, identificam-se como fontes de dados as autoavaliações quanto às competências desenvolvidas pelos estudantes. Por fim, as entrevistas foram utilizadas para conhecer as percepções dos estudantes quanto às metodologias de ensino e às tecnologias utilizadas, e suas relações com as competências desenvolvidas. Segundo Yin (2005), as entrevistas são as fontes mais importantes, pois possibilitam ao pesquisador aprofundar o conhecimento sobre um determinado tópico a partir do enfoque das perguntas realizadas.

QUADRO 16 – INSTRUMENTOS PARA A COLETA DE DADOS

Tipos de instrumentos	Instrumentos
Documentos	Revisão da literatura
	Projeto Político Pedagógico de Curso
	Plano de Ensino
	Relatórios de Projetos
Registros em arquivos	Autoavaliação de competências
Entrevista focada	Entrevistas com os estudantes

Fonte: a autora (2022).

A seguir são descritas cada uma das fontes de dados citadas nos parágrafos anteriores.

4.3.1 Projeto Político Pedagógico do Curso

Os Projetos Políticos Pedagógicos dos cursos (PPCs) da Universidade Federal do Pampa visam atender as normas do Sistema de Educação Superior e a estrutura indicada pelo Sistema Nacional de Avaliação do Ensino Superior (SINAES) (UNIPAMPA, 2019). De acordo com as

recomendações da referida Universidade, o PPC é a identidade do curso, “revelando a intencionalidade, os objetivos educacionais, profissionais, sociais e culturais e os rumos para o curso” (UNIPAMPA, 2019, p. 8).

Há duas versões do Projeto Político Pedagógico do curso de Engenharia de Produção da UNIPAMPA, dos anos 2013 e 2016 (em vigor). Atualmente, uma nova versão do documento está sendo elaborada pelo Núcleo Docente Estruturante do Curso, com o objetivo de atender as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para os cursos de Engenharia publicadas em 2019, pela Resolução CNE/CES nº 2, de 24 de abril de 2019 (MEC, 2019), e inserir a extensão no currículo, de acordo com a Resolução CNE/CES nº 7, de 18 de dezembro de 2018 (MEC, 2018).

As DCNs para os cursos de Engenharia explicitam os conteúdos do Projeto Político Pedagógico do Curso, conforme segue:

Art. 6º O curso de graduação em Engenharia deve possuir Projeto Pedagógico do Curso (PPC) que contemple o conjunto das atividades de aprendizagem e assegure o desenvolvimento das competências, estabelecidas no perfil do egresso. Os projetos pedagógicos dos cursos de graduação em Engenharia devem especificar e descrever claramente:

I - o perfil do egresso e a descrição das competências que devem ser desenvolvidas, tanto as de caráter geral como as específicas, considerando a habilitação do curso;

II - o regime acadêmico de oferta e a duração do curso;

III - as principais atividades de ensino-aprendizagem, e os respectivos conteúdos, sejam elas de natureza básica, específica, de pesquisa e de extensão, incluindo aquelas de natureza prática, entre outras, necessárias ao desenvolvimento de cada uma das competências estabelecidas para o egresso;

IV - as atividades complementares que se alinhem ao perfil do egresso e às competências estabelecidas;

V - o Projeto Final de Curso, como componente curricular obrigatório;

VI - o Estágio Curricular Supervisionado, como componente curricular obrigatório;

VII - a sistemática de avaliação das atividades realizadas pelos estudantes;

VIII - o processo de autoavaliação e gestão de aprendizagem do curso que contemple os instrumentos de avaliação das competências desenvolvidas, e respectivos conteúdos, o processo de diagnóstico e a elaboração dos planos de ação para a melhoria da aprendizagem, especificando as responsabilidades e a governança do processo. (MEC, 2019, p. 3).

Diante do exposto, tem-se a necessidade de descrever as competências a serem desenvolvidas pelos estudantes, sendo essas informações pertinentes para o presente estudo. Para atender a este requisito, foram definidas pelo Núcleo Docente Estruturante do curso macrocompetências técnicas gerais, técnicas específicas e profissionais, atendendo os requisitos das DCNs para os cursos de Engenharia e as atribuições profissionais estabelecidas pelo Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA). Essas macrocompetências gerais são descritas no Quadro 17.

QUADRO 17 – MACROCOMPETÊNCIAS GERAIS PARA O CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA UNIPAMPA

Classificação	Macrocompetências
Macrocompetências Técnicas Gerais ⁶	a. Formular, conceber, implantar, supervisionar e controlar soluções desejáveis de engenharia, analisando e compreendendo os usuários dessas soluções e seu contexto.
	b. Analisar e compreender os fenômenos físicos e químicos por meio de modelos simbólicos, físicos e outros, verificados e validados por experimentação.
	c. Conceber, projetar e analisar sistemas, produtos (bens e serviços), componentes ou processos.
Macrocompetências Técnicas Específicas ⁷	d. Planejar e gerenciar sistemas produtivos, atentando para a qualidade de processos, produtos e serviços e para os aspectos econômicos por meio da gestão de custos e gestão econômica.
	e. Aplicar ferramental matemático e estatístico para modelar sistemas de produção e auxiliar na tomada de decisões.
	f. Gerenciar a informação e o emprego de tecnologias.
	g. Planejar e gerenciar melhorias nos aspectos organizacionais por meio do desenvolvimento de estratégias empresariais de curto, médio e longo prazo.
	h. Planejar e gerenciar melhorias em produtos e serviços.
Macrocompetências Profissionais ⁸	i. Comunicar-se eficazmente nas formas escrita, oral e gráfica.
	j. Trabalhar e liderar equipes multidisciplinares
	k. Compreender e aplicar com ética a legislação e os atos normativos no âmbito do exercício da profissão.
	l. Aprender de forma autônoma e lidar com situações e contextos complexos, atualizando-se em relação aos avanços da ciência, da tecnologia e aos desafios da inovação.
	m. Conduzir, executar e fiscalizar trabalhos técnicos voltados para o projeto, melhoria e ampliação dos sistemas produtivos industriais ou de serviços, bem como, àqueles relacionado aos aspectos organizacionais.
	n. Conduzir, executar e orientar a instalação, montagem, operação e manutenção de instalações e equipamentos.

Fonte: a autora (2022).

As macrocompetências citadas foram desdobradas em competências de acordo com as áreas e subáreas de conhecimento definidas pela Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO, 2018). Entre as dez áreas de conhecimento está a Pesquisa Operacional, em que consta a subárea Modelagem, Simulação e Otimização. Para essa subárea, foram estabelecidas as seguintes competências:

- compreender os Conceitos de Simulação;
- aplicar o Método de Modelagem e Simulação;
- analisar os resultados da Simulação.

⁶ Nomenclatura de acordo com as DCNs.

⁷ Nomenclatura de acordo com as DCNs.

⁸ Contemplam as competências das dimensões social, interpessoal, pessoal e profissional, conforme classificação de Zabala e Arnau (2010).

As competências definidas para a subárea Modelagem, Simulação e Otimização da Engenharia de Produção contribuem para o desenvolvimento de algumas das macrocompetências descritas no Quadro 17, sendo estas: a, c, d, e, f, g, h, i, j, l e m. A partir das competências descritas na nova versão do PPC do curso de Engenharia de Produção da UNIPAMPA, o qual está em desenvolvimento, é elaborado o Plano de Ensino, descrito na subseção a seguir, e são definidas as estratégias de ensino e avaliação, além das Tecnologias da Informação e Comunicação relatadas nesta pesquisa.

4.3.2 Plano de ensino

De acordo com a Resolução nº 29, de 28 de abril de 2011, que trata das normas básicas de graduação, controle e registro de atividades acadêmicas da UNIPAMPA, no Plano de Ensino consta o planejamento didático-pedagógico do componente curricular, constituído pelas seguintes informações: nome do componente, carga-horária, objetivos, ementas, referências bibliográficas básicas e complementares, metodologia, cronograma, critérios de avaliação de aprendizagem e atividades de recuperação (UNIPAMPA, 2011). Ainda na mesma Resolução, atribui-se a responsabilidade de planejamento ao professor responsável pelo componente curricular, que deverá submetê-lo à coordenação do curso.

No que se refere ao Plano de Ensino do componente curricular Simulação, as informações sobre ementa, objetivos, metodologias e critérios de avaliação são pertinentes para a realização desta pesquisa. A ementa estabelece os conteúdos que deverão ser abordados no decorrer do período letivo junto aos estudantes, e nos objetivos estão descritas as competências que se espera desenvolver, sendo que essas informações são base para a construção de rubricas que apoiam a avaliação de competências. Já a metodologia apresenta as estratégias de ensino e aprendizagem adotadas, e nos critérios de avaliação são detalhados os instrumentos de avaliação, assim como os critérios para a aprovação dos estudantes. Para a elaboração do plano de ensino, utilizou-se como referência o modelo TPACK, conforme descrito no capítulo 3 desse documento.

De acordo com o Plano de Ensino, são descritos na ementa do componente curricular Simulação os seguintes conteúdos:

- modelagem e simulação de sistemas: definições, classificação dos modelos, ferramentas de simulação, aplicações, vantagens e desvantagens;

- passos num estudo com simulação;
- terminologia básica: variáveis de estado, eventos, entidades, recursos, atributos, tempo real e tempo de simulação;
- mecanismo de avanço do tempo;
- geradores de números aleatórios e função geradora de variáveis aleatórias;
- análise e tratamento de dados para a simulação: processo de amostragem e coleta de dados, identificação de distribuições de probabilidade e testes de aderência;
- verificação e validação de modelos de simulação: conceitos e técnicas;
- análise dos resultados da simulação: análise de sistemas terminais (tamanho de amostra) e não-terminais (*warm-up* e determinação do período de simulação);
- software de simulação: apresentação da ferramenta e estudo de aplicações.

Em objetivos, constam as seguintes competências, também descritas no PPC do curso:

- compreender os conceitos de Simulação;
- aplicar o Método de Modelagem e Simulação;
- analisar os resultados da Simulação.

Observa-se que os objetivos elencados não estão em um nível de especificação apropriado para a observação e a avaliação, pois cada um deles contempla mais de uma habilidade, atitude e conhecimento. Por isso, fez-se um desdobramento das competências entre dois e quatro níveis, conforme Quadro 18. Na coluna indicada como Nível I, constam os objetivos descritos no Plano de Ensino; enquanto na coluna Nível IV, constam as competências a serem avaliadas, as quais são elencadas a seguir.

QUADRO 18 – DESDOBRAMENTO DE COMPETÊNCIAS PARA O COMPONENTE CURRICULAR E A SIMULAÇÃO

Nível I	Nível II	Nível III	Nível IV
Compreender os conceitos básicos de Teoria das Filas.	Identificar os elementos de uma fila.		1. Reconhecer em um sistema os elementos que compõem uma fila, sendo: a população, os clientes e os servidores que realizam o atendimento.
	Identificar a disciplina da fila.		2. Reconhecer as regras de atendimento que definem o próximo a ser atendido.
	Compreender a dinâmica de uma fila.		3. Mapear a dinâmica de funcionamento de uma fila, identificando a sequência em que

Nível I	Nível II	Nível III	Nível IV	
			os clientes chegam e são atendidos, além do tempo de chegadas e atendimentos.	
Aplicar os modelos de filas.	Caracterizar o processo de chegada em uma fila.		4. Quantificar indicadores de desempenho: intervalo médio entre chegadas, taxa média de chegadas.	
	Caracterizar o processo de atendimento em uma fila.		5. Quantificar indicadores de desempenho: intervalo médio de atendimento e a taxa média de atendimento.	
	Caracterizar a fila.		6. Quantificar indicadores de desempenho: tamanho médio da fila e tempo médio de espera na fila.	
Compreender os conceitos de Modelagem.	Compreender o conceito de Modelagem.		7. Conhecer no que consiste a atividade de modelagem e seus objetivos.	
	Compreender notações para Modelagem.		8. Reconhecer diferentes notações de modelagem (as mais comuns para a área de formação), seus objetivos e regras.	
Compreender os conceitos de Simulação.	Compreender o conceito de Simulação.		9. Conhecer no que consiste a atividade de simulação e seus objetivos.	
	Identificar possíveis aplicações da Simulação.		10. Reconhecer situações em que a simulação pode ser aplicada, considerando requisitos, vantagens e desvantagens.	
Aplicar o método de simulação.	Formular o problema a ser resolvido por meio da Simulação.		11. Identificar o problema a ser solucionado, as hipóteses de solução e os indicadores de desempenho que serão avaliados.	
	Planejar o projeto de Simulação.		12. Definir o escopo do projeto, identificar os envolvidos e os recursos necessários para a sua realização. Também devem ser identificadas as atividades que serão executadas e seus prazos.	
	Formular o Modelo Conceitual.	Caracterizar o sistema em estudo.		13. Identificar os elementos que compõem o sistema em estudo, como entradas, processos, saídas, filas, clientes, servidores e materiais.
		Escolher a notação a ser utilizada.		14. Definir a notação a ser utilizada para construção do modelo conceitual com base nos objetivos do estudo e nível de detalhamento.
	Construir o Modelo Conceitual.		15. Aplicar as técnicas e regras da notação escolhida para representar o sistema em estudo.	

Nível I	Nível II	Nível III	Nível IV
	Coletar macroinformações.	Compreender a dinâmica do sistema em estudo.	16. Compreender as regras de funcionamento do sistema em estudo a partir do modelo conceitual construído, incluindo os fluxos de materiais e informações.
		Identificar as variáveis do sistema.	17. Identificar os dados que caracterizam o sistema e deverão ser coletados (indicadores de filas), sua natureza e fonte.
	Coletar os dados.	Planejar a coleta de dados.	18. Definir as estratégias para coleta de dados, como cronoanálise, consulta a sistemas, documentos e/ou especialistas.
		Realizar a coleta de dados.	19. Aplicar estratégias para coleta de dados.
	Tratar e analisar os dados.	Tratar os dados.	20. Aplicar métodos estatísticos para tratamento dos dados, utilizando ferramentas computacionais específicas.
		Analisar os dados.	21. Analisar e interpretar os dados de forma a coletar informações a respeito do sistema, como as distribuições de probabilidade que descrevem os processos de chegada e atendimento.
	Formular Modelo Computacional.	Conhecer as funções básicas do software de simulação adotado.	22. Reconhecer as características básicas do software de simulação e suas principais ferramentas.
		Transpor o modelo conceitual para o software de simulação.	23. Traduzir o modelo conceitual para a notação utilizada pelo software e configurar o funcionamento do modelo.
	Validar e verificar os modelos.	Compreender os métodos de validação e verificação.	24. Definir os métodos de validação e verificação adequados ao estudo e aplicá-los.
		Analisar os resultados da validação e verificação.	25. Analisar os resultados obtidos a partir da validação e verificação, e com base neles decidir sobre as próximas ações.
	Projetar os experimentos.	Identificar os fatores associados ao experimento e seus níveis.	26. Observar o modelo e identificar os fatores que interferem em seu desempenho e seus níveis.

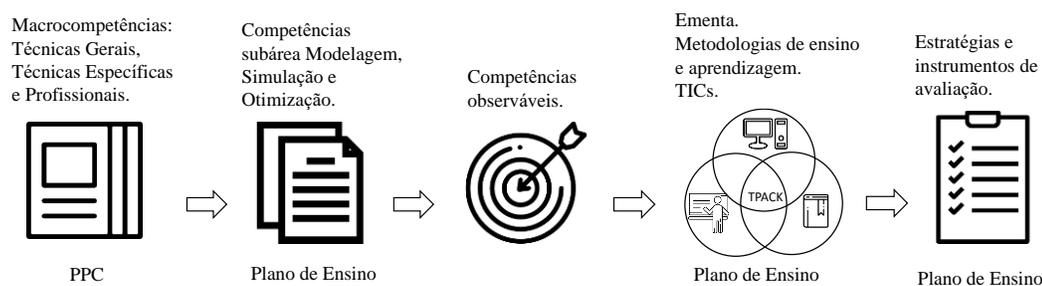
Nível I	Nível II	Nível III	Nível IV
		Identificar as variáveis de resposta.	27. Observar o modelo e identificar as variáveis que descrevem o seu desempenho.
		Compreender os modelos de experimentos.	28. Definir o modelo de experimento adequado ao estudo e aplicá-lo, utilizando ferramentas computacionais específicas.
		Analisar os resultados.	29. Analisar e interpretar os resultados do experimento de forma a coletar informações a respeito do sistema.
	Identificar a solução.		30. Analisar os resultados da simulação e decidir sobre a solução para o problema inicial, justificando a escolha com argumentação técnica.
	Documentar e apresentar os resultados da simulação.		31. Redigir um relato científico, seguindo o modelo de um artigo.
Aplicar o método de Monte Carlo.	Compreender o método de Monte Carlo.		32. Compreender os conceitos e cálculos relacionados ao método.
			33. Aplicar o método para estimativa de valores utilizando ferramentas computacionais.

Fonte: a autora (2022).

Em metodologia é citada a Aprendizagem Baseada em Projetos, além de aulas expositivas dialogadas, as quais foram previstas a partir das competências a serem desenvolvidas e dos objetivos da presente pesquisa. Como instrumentos de avaliação foram previstos o projeto desenvolvido pelos estudantes e uma prova, os quais também são fontes de dados neste estudo, descritos nas subseções a seguir.

O processo de desdobramento de macrocompetências a competências observáveis e de planejamento do componente curricular, descritos nas subseções 3.3.1 e 3.3.2, são apresentados no diagrama da Figura 15. As macrocompetências descritas no PPC estão relacionadas a competências de subáreas de conhecimento, também indicadas no Plano de Ensino. Essas competências são desdobradas em outras observáveis, a partir das quais se define os conteúdos estudados, as metodologias de ensino e aprendizagem, as TICs utilizadas e as estratégias de avaliação.

FIGURA 15 – PROCESSO DE DESDOBRAMENTO DE COMPETÊNCIAS



Fonte: a autora (2022).

Na subseção a seguir, apresenta-se um dos instrumentos de avaliação dos estudantes, também utilizado para a coleta de dados nesta pesquisa.

4.3.3 Relatórios de projetos

Conforme indicado anteriormente, foi adotada como metodologia de ensino e aprendizagem a Aprendizagem Baseada em Projetos, de modo que os estudantes desenvolveram, ao longo do período letivo, um projeto prático de simulação com recursos computacionais, organizados em grupos, tendo como avaliação final a entrega de um relatório em formato de artigo científico. Durante o desenvolvimento dos projetos, os estudantes fizeram entregas parciais que também foram avaliadas, com o objetivo de acompanhá-los e orientá-los.

Para avaliar os relatórios desenvolvidos pelos estudantes, foram criadas rubricas, as quais estão desdobradas em quatro níveis de desenvolvimento, de acordo com o Quadro 19.

QUADRO 19 – RUBRICAS PARA A AVALIAÇÃO DO PROJETO DESENVOLVIDO NO COMPONENTE CURRICULAR SIMULAÇÃO

Critérios	Pontuações			
	0	1	2	3
Formulação do problema.	A formulação do problema não foi apresentada.	O aluno descreve o sistema em estudo e seu contexto, mas não identifica o problema a ser solucionado, as hipóteses de solução	O aluno descreve o sistema em estudo e seu contexto, identifica o problema a ser solucionado e as hipóteses de	O aluno descreve o sistema em estudo e seu contexto, identifica o problema a ser solucionado, as

Critérios	Pontuações			
	0	1	2	3
		e os indicadores de desempenho que serão avaliados.	solução, mas não apresenta os indicadores de desempenho que serão avaliados, ou estes não são adequados ao estudo.	hipóteses de solução e os indicadores de desempenho que serão avaliados.
Planejamento do projeto.	O planejamento do projeto não foi apresentado.	O aluno define o escopo do projeto, mas não identifica os envolvidos, os recursos necessários para a sua realização, as atividades que serão executadas e seus prazos.	O aluno define o escopo do projeto. Também apresenta uma ou mais informações a seguir, mas não a totalidade: os envolvidos, os recursos necessários para sua realização, as atividades que serão executadas e seus prazos.	O aluno define o escopo do projeto, identifica os envolvidos e os recursos necessários para sua realização. Também identifica as atividades que serão executadas e seus prazos.
Caracterização do sistema em estudo.	O sistema não foi caracterizado.	O aluno identifica um ou mais elementos que compõem o sistema em estudo (entradas, processos, saídas, filas, clientes, servidores e materiais), mas não os descreve.	O aluno identifica e descreve um ou mais elementos que compõem o sistema em estudo (entradas, processos, saídas, filas, clientes, servidores e materiais), mas não a totalidade.	O aluno identifica e descreve os elementos que compõem o sistema em estudo, como entradas, processos, saídas, filas, clientes, servidores e materiais.
Formulação do modelo conceitual (diagrama).	O modelo conceitual não foi formulado.	O aluno desenvolve o modelo conceitual, sem utilizar uma notação adequada ao escopo e técnicas	O aluno desenvolve o modelo conceitual, utilizando uma notação adequada ao escopo e técnicas	O aluno desenvolve o modelo conceitual utilizando uma notação adequada ao escopo e técnicas específicas.

Critérios	Pontuações			
	0	1	2	3
		específicas, ou incorretamente.	específicas, de forma parcialmente correta.	
Coleta dos dados.	A coleta dos dados não foi realizada, ou não está adequada ao estudo proposto.	O aluno identifica as variáveis do sistema em estudo e as fontes de dados, mas não define estratégias de coleta, nem a realiza.	O aluno identifica as variáveis do sistema em estudo e as fontes de dados, define estratégias de coleta, mas não as realiza.	O aluno identifica as variáveis do sistema em estudo e as fontes de dados, define estratégias de coleta e as realiza.
Tratamento dos dados.	O tratamento dos dados não foi realizado.	O aluno realiza uma ou mais etapas do tratamento de dados (identificação de <i>outliers</i> e análise de correlação), mas não a totalidade.	O aluno realiza o tratamento de dados (identificação de <i>outliers</i> e análise de correlação), mas não identifica as distribuições de probabilidade que os descrevem.	O aluno realiza o tratamento de dados (identificação de <i>outliers</i> e análise de correlação) e identifica as distribuições de probabilidade que os descrevem.
Formulação do modelo computacional.	O modelo computacional não foi formulado.	O aluno formula o modelo computacional de forma incorreta, impossibilitando a execução do mesmo.	O aluno formula o modelo computacional de forma parcialmente correta, não impossibilitando a execução do mesmo.	O aluno formula o modelo computacional de forma correta, conforme o modelo conceitual, atendendo às necessidades do estudo.
Validação e verificação dos modelos.	Os modelos (conceitual e computacional) não foram validados e verificados; ou a validação e a verificação foram realizadas incorretamente.	O aluno define estratégias para a verificação e/ou a validação dos modelos, mas não as implementaram.	O aluno realiza a validação ou a verificação dos modelos, mas não ambas.	O aluno realiza a validação e verificação dos modelos (conceitual e computacional), atribuindo confiança ao estudo.

Critérios	Pontuações			
	0	1	2	3
Projeto dos experimentos.	Os experimentos não foram planejados.	O aluno identifica os fatores, seus níveis e as variáveis que descrevem o desempenho dos modelos.	O aluno identifica os fatores, seus níveis e as variáveis que descrevem o desempenho dos modelos e planeja o experimento de forma adequada.	O aluno planeja e roda o experimento de forma adequada e interpreta os resultados.
Identificação da solução.	A solução para o problema inicial não é identificada, ou não está coerente com a formulação do problema.	O aluno apresenta os resultados da simulação, mas não os analisa.	O aluno apresenta os resultados da simulação e os analisa.	O aluno apresenta os resultados da simulação, os analisa e apresenta uma solução, justificando tecnicamente sua decisão.
Documentação e apresentação dos resultados da simulação.	O relatório final não foi elaborado.	O relatório final contém parte dos elementos exigidos: introdução, metodologia, resultados e considerações finais.	O relatório final contém todos os elementos exigidos: introdução, metodologia, resultados e considerações finais, porém apresenta erros de formatação e ortografia.	O relatório final contém todos os elementos exigidos: introdução, metodologia, resultados e considerações finais, e atende às regras de formatação e à ortografia.

As rubricas foram planejadas considerando as competências Nível IV de 5 a 25, presentes no Quadro 18, cujos critérios de avaliação são listados e descritos a seguir:

- formulação do problema: descrição do sistema em estudo e seu contexto, identificação do problema a ser solucionado, das hipóteses de solução e dos indicadores de desempenho que serão avaliados;

- planejamento do projeto: definição do escopo do projeto, identificação dos envolvidos, dos recursos necessários para a sua realização, das atividades que serão executadas e seus prazos;
- caracterização do sistema em estudo: identificação e descrição dos elementos que compõem o sistema em estudo, como entradas, processos, saídas, filas, clientes, servidores e materiais;
- formulação do Modelo Conceitual: desenvolvimento do modelo conceitual utilizando uma notação adequada ao escopo e técnicas específicas;
- coleta dos dados: identificação das variáveis do sistema em estudo e as fontes de dados, além da definição e da execução de estratégias de coleta.
- tratamento dos dados: tratamento de dados (identificação de *outliers* e análise de correlação) e identificação das distribuições de probabilidade que os descrevem;
- formulação do Modelo Computacional: formulação do modelo computacional de forma correta, conforme o modelo conceitual, atendendo as necessidades do estudo;
- validação e verificação de modelos: validação e verificação dos modelos (conceitual e computacional), atribuindo confiança ao estudo;
- projeto dos experimentos: planejamento e execução do experimento de forma adequada e interpretação dos resultados;
- identificação da solução: apresentação dos resultados da simulação, além da análise e da seleção de uma solução;
- apresentação e documentação dos resultados da simulação: apresentação dos resultados do estudo em documento científico, atendendo as regras de formatação e ortografia.

A partir das avaliações dos projetos, busca-se identificar as competências desenvolvidas pelos estudantes, relacionando-as à metodologia e aos recursos tecnológicos utilizados.

4.3.4 Questionário de autoavaliação de competências e percepções sobre o componente curricular

Tendo como referência os estudos de Estriegana, Merodio e Barchino (2018) e Castedo *et al.* (2019), propõe-se para a presente pesquisa a aplicação de um questionário de autoavaliação de competências e percepções sobre as metodologias de ensino e aprendizagem adotadas e recursos

utilizados. Estriegana, Merodio e Barchino (2018) buscam conhecer a percepção dos estudantes quanto à influência da Sala de Aula Invertida nos aprendizados por meio de um questionário. Entre as questões, incluem a autoavaliação de competências e o levantamento quanto à influência dos recursos educacionais utilizados para o seu desenvolvimento. Também para avaliar o ensino por meio da Sala de Aula Invertida, Castedo *et al.* (2019) elaboram um questionário de levantamento de percepções sobre a motivação, atitudes e competências desenvolvidas. Estriegana, Merodio e Barchino (2018) e Castedo *et al.* (2019) utilizam como medida a escala Likert em cinco níveis.

Aplicou-se um questionário na primeira e última semana de cada período letivo, o que possibilitou comparar as respostas dos estudantes, medindo suas evoluções. Dessa forma, o questionário aplicado na primeira semana do período letivo foi desenvolvido a partir das competências de Nível IV apresentadas no Quadro 18, em que os estudantes avaliam seu nível de concordância em uma escala Likert de 5 pontos, sendo: 1 – Discordo totalmente; 2 – Discordo parcialmente; 3 – Estou indeciso(a); 4 – Concordo parcialmente; e 5 – Concordo totalmente. As afirmativas avaliadas são descritas no Quadro 20.

QUADRO 20 – QUESTIONÁRIO PARA A AUTOAVALIAÇÃO DE COMPETÊNCIAS

Leia as afirmativas a seguir e indique seu nível de concordância	Escala				
	1	2	3	4	5
1. Conheço no que consiste a atividade de modelagem e seus objetivos.					
2. Sou capaz de reconhecer as diferentes notações de modelagem (as mais comuns para a área de formação), seus objetivos e regras.					
3. Conheço no que consiste a atividade de simulação e seus objetivos.					
4. Sou capaz de reconhecer situações em que a simulação pode ser aplicada, considerando requisitos, vantagens e desvantagens.					
5. Sou capaz de definir o escopo do projeto, identificar os envolvidos e os recursos necessários para a sua realização em um estudo de simulação. Também sou capaz de identificar as atividades que serão executadas e seus prazos.					
6. Sou capaz de identificar os elementos que compõem o sistema em estudo, como entradas, processos, saídas, filas, clientes, servidores e materiais.					
7. Sou capaz de definir a notação a ser utilizada para construção do modelo conceitual com base nos objetivos do estudo e nível de detalhamento.					
8. Sou capaz de aplicar as técnicas e regras da notação escolhida para representar o sistema em estudo em um modelo conceitual.					
9. Sou capaz de compreender as regras de funcionamento do sistema em estudo a partir do modelo conceitual construído, incluindo os fluxos de materiais e informações.					

Leia as afirmativas a seguir e indique seu nível de concordância	Escala				
	1	2	3	4	5
10. Sou capaz de identificar os dados que caracterizam o sistema e deverão ser coletados (indicadores de filas), sua natureza e fonte.					
11. Sou capaz de definir as estratégias para coleta de dados, como cronoanálise, consulta a sistemas, documentos e/ou especialistas.					
12. Sou capaz de aplicar estratégias para coleta de dados, como cronoanálise, consulta a sistemas, documentos e/ou especialistas.					
13. Sou capaz de aplicar métodos estatísticos para tratamento dos dados, utilizando ferramentas computacionais específicas.					
14. Sou capaz de analisar e interpretar os dados de forma a coletar informações a respeito do sistema, como as distribuições de probabilidade que descrevem os processos de chegada e atendimento.					
15. Sou capaz de reconhecer as características básicas do sistema de simulação Arena e suas principais ferramentas.					
16. Sou capaz de traduzir o modelo conceitual para a notação utilizada pelo Arena e configurar o funcionamento do modelo.					
17. Sou capaz de definir os métodos de validação e verificação adequados ao estudo de simulação e aplicá-los.					
18. Sou capaz de analisar os resultados obtidos a partir da validação e verificação, e com base neles decidir sobre as próximas ações.					
19. Sou capaz de observar um modelo e identificar as variáveis que descrevem o seu desempenho.					
20. Sou capaz de definir um modelo de experimento adequado ao estudo de simulação e aplicá-lo, utilizando ferramentas computacionais específicas.					
21. Sou capaz de analisar e interpretar os resultados de um experimento de forma a coletar informações a respeito do sistema em estudo.					
22. Sou capaz de analisar os resultados da simulação e decidir sobre a solução para o problema inicial, justificando a escolha com argumentação técnica.					
23. Sou capaz de redigir um relato científico, seguindo o modelo de um artigo.					
24. Sou capaz de redigir relatórios técnicos, comunicando de forma eficaz os resultados de um projeto.					
25. Sou capaz de trabalhar em equipe.					

Fonte: a autora (2022).

Além das percepções dos estudantes, são coletados dados de identificação – nome completo e matrícula –, os quais são mantidos em sigilo, sendo utilizados para acompanhamento individual no decorrer do período letivo. Também se questiona o estudante sobre sua experiência anterior com o uso da Simulação Computacional. O questionário foi validado por meio da aplicação junto aos estudantes matriculados no componente curricular Simulação no primeiro semestre de 2021. Ao

final do questionário foi incluída uma questão aberta que permitiu aos participantes registrar comentários e/ou sugestões sobre o formulário ou sobre o exercício de autoavaliação.

O questionário a ser aplicado na última semana do período letivo também contém as afirmativas do Quadro 20, porém foram adicionadas outras com o objetivo de identificar suas percepções sobre a contribuição das metodologias de ensino e aprendizagem adotadas para o componente curricular, assim como os recursos utilizados, no desenvolvimento de competências. Novamente se utilizou a escala Likert em cinco níveis para a medição, de acordo com o Quadro 21.

QUADRO 21 – QUESTIONÁRIO PARA A AVALIAÇÃO DAS METODOLOGIAS DE ENSINO E APRENDIZAGEM ADOTADAS

Leia as afirmativas a seguir e indique seu nível de concordância:	Escala				
	1	2	3	4	5
1. O desenvolvimento do projeto contribuiu para o desenvolvimento das competências avaliadas.					
2. As aulas expositivas dialogadas contribuíram para o desenvolvimento das competências avaliadas.					
3. A simulação computacional contribuiu para o desenvolvimento das competências avaliadas.					
4. Os exercícios contribuíram para o desenvolvimento das competências avaliadas.					

Fonte: a autora (2022).

Ao final do segundo questionário foi incluída uma pergunta quanto à disponibilidade e ao interesse do estudante em participar de uma entrevista sobre a experiência de aprendizagem vivenciada. O roteiro de entrevista é apresentado em subseção posterior.

4.3.5 Entrevistas

Yin (2005) afirma que as entrevistas são fontes essenciais de evidências para os estudos de caso, uma vez que os entrevistados fornecem ao pesquisador percepções e interpretações sobre uma situação investigada, além de indicar outras fontes importantes para a pesquisa. Segundo o autor, as entrevistas focadas, abordagem escolhida para este estudo, são espontâneas e assumem um

caráter informal para que os entrevistados se sintam à vontade em colaborar, mesmo seguindo um roteiro com perguntas previamente definidas.

Creswell (2010) sugere uma estrutura para o protocolo de entrevista, com os seguintes componentes: cabeçalho para a identificação da entrevista, instruções a serem seguidas pelo entrevistador, perguntas e agradecimento final. No Quadro 22, apresenta-se o protocolo de entrevista para a presente pesquisa. As perguntas foram definidas de acordo com os objetivos do estudo e os elementos do modelo TPACK, com a intenção de aprofundar o conhecimento sobre as percepções dos estudantes apontadas no Questionário de Autoavaliação de Competências.

QUADRO 22 – PROTOCOLO PARA A ENTREVISTA

Identificação	
Nome do entrevistado:	
Turma:	
E-mail:	
Data e hora:	
Procedimentos para o entrevistador:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Apresentar o objetivo da entrevista e a estimativa de duração; 2. Solicitar o aceite do estudante em participar da entrevista; 3. Caso o estudante aceite participar da entrevista, solicitar autorização para gravar a mesma; 4. Realizar a entrevista e registrar as respostas; 5. Agradecer a participação do estudante. 	
Objetivo da entrevista:	
<p>Por meio desta entrevista espera-se conhecer sua percepção sobre os fatores que influenciam o desenvolvimento das competências avaliadas por meio do Questionário de Autoavaliação. Estima-se que a duração desta entrevista seja entre 30 e 40 minutos. Você pode interromper a entrevista a qualquer momento, ou não responder alguma pergunta, caso não se sinta confortável. Conforme o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) já assinado, seus dados de identificação serão mantidos em sigilo.</p>	
Perguntas:	
1. Quais fatores você acredita terem influência no desenvolvimento de competências pelos estudantes de engenharia?	
2. O projeto desenvolvido ao longo do período letivo influenciou no seu desenvolvimento de competências? Se sim, quais competências e como essa influência ocorre?	
3. As aulas expositivas dialogadas influenciaram no seu desenvolvimento de competências? Se sim, quais competências e como essa influência ocorre?	
4. A simulação computacional influenciou no seu desenvolvimento de competências? Se sim, quais competências e como essa influência ocorre?	
5. Os exercícios desenvolvidos ao longo do período letivo influenciaram no seu desenvolvimento de competências? Se sim, quais competências e como essa influência ocorre?	

6. Gostaria de acrescentar ou modificar alguma informação a esta entrevista?
Agradecimento: Agradeço a sua contribuição para a presente pesquisa e me coloco à disposição para esclarecimentos pelos contatos indicados no TCLE.

Fonte: a autora (2022).

Apresentadas as fontes de evidências, na seção a seguir são descritos os métodos de análise.

4.4 MÉTODOS DE ANÁLISE DOS DADOS

Em métodos mistos, a análise ocorre tanto na abordagem qualitativa como quantitativa, estando relacionada ao tipo de estratégia de pesquisa utilizada (CRESWELL, 2010). O autor também esclarece que a análise dos dados qualitativos envolve extrair sentido deles, por meio da análise, compreensão, representação e interpretação de significados mais amplos. Já a análise dos dados quantitativos contempla a interpretação de resultados a partir de testes estatísticos, escolhidos conforme os objetivos da pesquisa e natureza dos dados (CRESWELL, 2010).

Yin (2005) apresenta estratégias gerais e técnicas analíticas específicas para análise em Estudos de Caso, que podem ser transferidas para o DBR. Como estratégia geral, a presente pesquisa baseia-se em proposições teóricas, em que os objetivos, questões de pesquisa e hipótese são definidos a partir da revisão da literatura, que também é comparada aos resultados do estudo. Para o projeto desta pesquisa, parte-se do modelo TPACK, que apresenta a influência das metodologias de ensino, tecnologias e conteúdos (causas) para o desenvolvimento de competências (efeitos), e o estado do conhecimento sobre uso da simulação e desenvolvimento de competências nos cursos de Engenharia.

Para avaliar a relação da causa-efeito descrita anteriormente, tem-se como técnica analítica específica o modelo lógico. De acordo com Yin (2005), o modelo lógico estipula um encadeamento de eventos ao longo do tempo, em que uma variável dependente (efeito) necessita de um estágio anterior definido como variável independente (causa). Segundo o autor, para analisar esse encadeamento, a análise de estudo de caso organiza os dados empíricos para suportar os modelos lógicos ou desafiá-los. Nesta pesquisa, são organizados os dados provenientes dos relatórios de projetos, questionário de autoavaliação, entrevistas e testes.

São definidos métodos específicos para análise dos dados qualitativos e quantitativos, de acordo com a sua natureza, objetivos da pesquisa, estratégia geral e técnica analítica definidas. No Quadro 23 constam as fontes de dados, os dados gerados e os métodos de análise.

QUADRO 23 – MÉTODOS DE ANÁLISE DOS RESULTADOS

Fonte dos dados	Dados gerados	Método de análise
Revisão da Literatura.	Produção científica sobre determinada área.	Estado do conhecimento.
Relatórios de projetos.	Rubricas e notas.	Estatística descritiva.
Questionário de autoavaliação.	Níveis de desenvolvimento de competências (escala Likert).	Estatística descritiva e Teste de Hipótese.
Entrevista.	Textos transcritos.	Análise Textual Discursiva.

Fonte: a autora (2022).

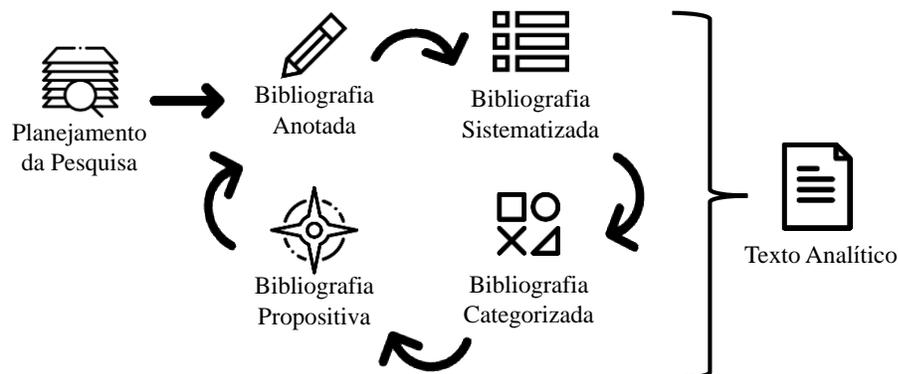
Os métodos de análise indicados no Quadro 23 são descritos em subseções a seguir.

4.4.1 Estado do Conhecimento

Morosini, Kohls-Santos e Bittencourt (2021, p. 23) descrevem o Estado do Conhecimento como “identificação, registro, categorização que levem à reflexão e à síntese sobre a produção científica de uma determinada área, em um determinado espaço de tempo, congregando periódicos, teses, dissertações e livros sobre uma temática específica”. Segundo as autoras, a sistematização e a análise de um campo de pesquisa são essenciais para a fundamentação de uma tese qualificada, também permite o acompanhamento de informações relacionadas ao campo.

O Estado do Conhecimento é constituído em seis etapas, representadas na Figura 16, sendo elas: Planejamento da Pesquisa; Bibliografia Anotada, Bibliografia Sistematizada, Bibliografia Categorizada, Bibliografia Propositiva – sendo as quatro últimas cíclicas, uma vez que o conhecimento está em constante construção e reconstrução – e a Construção do Texto Analítico (MOROSINI; KOHLS-SANTOS; BITTENCOURT, 2021).

FIGURA 16 – ETAPAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO CONHECIMENTO



Fonte: adaptado de Morosini, Kohls-Santos e Bittencourt (2021).

Conforme Morosini, Kohls-Santos e Bittencourt (2021), a delimitação do tema e dos objetivos – ou seja, o que se deseja conhecer sobre um determinado tema – é o passo inicial. A partir dos objetivos, escolhe-se a base de dados e os descritores para a busca de produções científicas, constituindo um *corpus* de análise, realizando-se o Planejamento da Pesquisa. No Quadro 24, apresenta-se o planejamento para o presente estudo.

QUADRO 24 – PLANEJAMENTO PARA A CONSTRUÇÃO DO ESTADO DO CONHECIMENTO

Objetivo	Base de dados	Descritores
Identificar quais são os principais focos de investigação, em Programas de Pós-Graduação <i>stricto sensu</i> brasileiros, sobre o desenvolvimento de competências em cursos superiores de engenharia.	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD).	Competência, Engenharia e Ensino Superior (ou Educação Superior) em título, resumo e/ou assunto.
Identificar as aplicações da Simulação para o desenvolvimento de competências em cursos superiores de engenharia brasileiros e internacionais.	SCOPUS.	<i>Competence (or Skill* or Abilit* or Capacit*), Engineering, Simulat* and Education (or Graduat* or Undergraduat*) in title, abstract and author keywords.</i>
	Revista de Ensino de Engenharia da Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE).	Simulação e/ou Simulador em título, resumo e palavras-chave.

Fonte: a autora (2022).

Morosini, Kohls-Santos e Bittencourt (2021, p. 64) esclarecem que a bibliografia anotada “consiste na organização da referência bibliográfica completa dos resumos das publicações encontradas”. Para isso, faz-se uma leitura flutuante dos resumos, o que permite a seleção e a identificação de informações que caracterizam as publicações encontradas: ano de publicação, nome do autor, título da pesquisa, palavras-chave e resumo na íntegra. O Quadro 25 apresenta um modelo para a organização da Bibliografia Anotada (MOROSINI; KOHLS-SANTOS; BITTENCOURT, 2021).

QUADRO 25 – ORGANIZAÇÃO DA BIBLIOGRAFIA ANOTADA

Nº	Ano	Autor	Título	Palavras-chave	Resumo
Referência completa para publicação.					

Fonte: Morosini, Kohls-Santos e Bittencourt (2021, p. 65).

A seguir, faz-se a Bibliografia Sistematizada, em que são identificadas informações complementares das publicações contempladas: nível acadêmico, objetivos, resultados e metodologia da publicação (MOROSINI; KOHLS-SANTOS; BITTENCOURT, 2021). O Quadro 26 apresenta um modelo para a organização da Bibliografia Sistematizada.

QUADRO 26 – ORGANIZAÇÃO DA BIBLIOGRAFIA SISTEMATIZADA

Nº	Ano	Autor	Título	Nível	Objetivos	Metodologia	Resultados

Fonte: Morosini, Kohls-Santos e Bittencourt (2021, p. 67).

A análise aprofunda-se na etapa seguinte, denominada Bibliografia Categorizada, em que “o pesquisador deverá agrupar as publicações selecionadas em blocos, ou seja, conjuntos de publicações associadas por aproximações temáticas” (MOROSINI; KOHLS-SANTOS; BITTENCOURT, 2021, p. 69). Para a organização das informações, pode-se utilizar o Quadro 25, referente à Bibliografia Sistematizada, e incluir uma nova coluna com os nomes das categorias ou ainda dividir o quadro por categoria.

Na sequência, Morosini, Kohls-Santos e Bittencourt (2021, p. 72) descrevem que, na etapa Bibliografia Propositiva, buscaram “os resultados das pesquisas e as possíveis propostas presentes

nas publicações”, a partir das quais se pode elaborar novas proposições sobre a temática. O Quadro 27 apresenta um modelo para a organização da Bibliografia Propositiva.

QUADRO 27 – ORGANIZAÇÃO DA BIBLIOGRAFIA PROPOSITIVA

Nº	Categoria	Achados	Proposições do estudo	Proposições emergentes

Fonte: Morosini, Kohls-Santos e Bittencourt (2021, p. 73).

Por fim, tem-se a Construção do Texto Analítico, para a qual Morosini, Kohls-Santos e Bittencourt estabelecem boas práticas, sendo algumas listadas a seguir:

- apresentar conceitos e relevância do Estado do Conhecimento;
- apresentar a temática pesquisada e os procedimentos realizados para a busca das informações;
- caracterizar o *corpus* de análise, identificando os critérios de inclusão e exclusão;
- apresentar cada uma das etapas de organização e análise das informações;
- comentar, analisar e problematizar os resultados de cada etapa;
- construir o texto em processo de triangulação entre os dados empíricos, o referencial teórico e os achados do pesquisador.

Na subseção a seguir, apresenta-se a Análise Textual Discursiva, também selecionada para esta pesquisa.

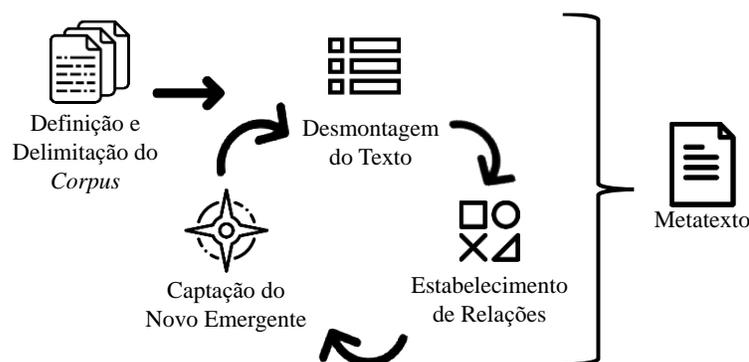
4.4.2 Análise Textual Discursiva

Moraes e Galiuzzi (2016) argumentam que as análises textuais estão cada vez mais presentes nas pesquisas qualitativas, constituindo o *corpus* da Análise Textual Discursiva. Segundo os autores “os textos são entendidos como produções linguísticas, referentes a determinado fenômeno e originadas em um determinado tempo e contexto” (MORAES; GALIAZZI, 2016, p. 38). Esses textos podem ser documentos já existentes ou então produzidos para atender os objetivos da pesquisa, como nas entrevistas planejadas para este estudo.

A Análise Textual Discursiva tem como objetivo “a compreensão, a reconstrução de conhecimentos existentes sobre os temas investigados” (MORAES; GALIAZZI, 2016, p. 33).

Nesse sentido, propõe-se a descrição de interpretação de textos pelas seguintes etapas: Definição e Delimitação do *Corpus*, Desmontagem dos Textos, Estabelecimento de Relações e Captação do Novo Emergente. Segundo os autores, as últimas três etapas podem ser compreendidas como um ciclo auto-organizado, conforme representa a Figura 17, em que, a partir de fragmentos de textos, se constrói novas compreensões de forma intuitiva.

FIGURA 17 – ETAPAS PARA O DESENVOLVIMENTO DA ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA



Fonte: a autora (2022).

O *corpus* de análise deve ser constituído por um conjunto de textos capaz de produzir resultados válidos e representativos sobre os fenômenos estudados, cuja seleção pode ser intencional, e a delimitação considera o critério de saturação quando a introdução de novas informações não modifica os resultados (MORAES; GALIAZZI, 2016). Após a Delimitação do *Corpus*, dá-se início ao processo de análise pela Desmontagem dos Textos, por meio da desconstrução e unitarização (MORAES; GALIAZZI, 2016). Conforme descrevem os autores, como resultado dessa etapa, tem-se as unidades de análise, também conhecidas como unidades de significado ou de sentido, as quais devem ser codificadas, facilitando a identificação posterior. Além disso, recomenda-se a reescrita dessas unidades de análise, de modo a promover a impregnação do texto pelo pesquisador. O Quadro 28 é uma proposta de organização dos dados desta etapa (MARTINS; LIMA, 2019).

QUADRO 28 – ORGANIZAÇÃO DA DESMONTAGEM DOS TEXTOS

Código	Unidade de análise	Reescrita

Fonte: adaptado de Martins e Lima (2019).

Na sequência faz-se o Estabelecimento de Relações, em que, por meio da categorização, se constrói relações entre as unidades de análise (MORAES; GALIAZZI, 2016). Os autores esclarecem que, além de reunir unidades semelhantes, a categorização implica nomear e construir categorias de forma gradativa, conforme o pesquisador apresenta maior familiaridade com os textos. Dessa forma, podem ser estabelecidos diferentes níveis de categorias – denominadas iniciais, intermediárias e finais –, utilizando os métodos dedutivo ou indutivo. O Quadro 29 é uma proposta de organização dos dados desta etapa (MARTINS; LIMA, 2019).

QUADRO 29 – ORGANIZAÇÃO DO ESTABELECIMENTO DE RELAÇÕES

Código	Reescrita	Categoria inicial	Categoria intermediária	Categoria Final

Fonte: Martins e Lima (2019, p. 66).

Por fim, chega-se à Captação do Novo Emergente a partir da análise das categorias, resultando em um metatexto que apresenta a compilação dos passos anteriores. Conforme Moraes e Galiazzi (2016, p. 54), os metatextos são “constituídos de descrição e interpretação, representando o conjunto, o modo de teorização sobre os fenômenos estudados”.

De acordo com Lima (2019), três princípios relacionados às etapas descritas anteriormente devem ser observados. O primeiro se refere à impregnação do pesquisador nos textos que constituem o *corpus* de análise, sendo este essencial para a emergência de novos significados sobre o fenômeno estudado; o segundo princípio é a auto-organização das unidades de análise, de modo que as associações entre elas se dá de forma gradativa, conforme o pesquisador aprofunda a compreensão dos textos; então, o terceiro princípio alerta para a necessidade de avançar além dos

dados empíricos, expandido a teoria existente e avançando para o entendimento de novos fenômenos, contribuindo para o avanço da produção de conhecimentos.

Na subseção a seguir, apresenta-se outro método de análise utilizado neste estudo.

4.4.3 Estatística descritiva

A estatística descritiva é a primeira etapa de análise de dados quantitativos, utilizada para descrevê-los e resumi-los (VIEIRA, 1999). Conforme esclarece Ryan (2009), um conjunto de dados pode ser caracterizado por medidas de posição e dispersão. Entre as medidas de posição, também denominadas medidas de tendência central, tem-se a média, a mediana e a moda. Já as medidas de dispersão geralmente utilizadas são desvio-padrão, variância e amplitude da amostra (RYAN, 2009). Vieira (1999), além das medidas citadas, indica o uso do erro padrão da média, o que permite verificar a confiabilidade da média amostral calculada.

Os dados coletados a partir da escala Likert são classificados como ordinais, ou seja, quando há uma ordem entre as categorias avaliadas. Para esses tipos de dados, recomenda-se o uso de medidas de tendência central – como a moda e a mediana – e a frequência de ocorrência para cada categoria, além da representação em gráficos de barras (MIOT, 2020).

Para exemplificar o uso de medidas de tendência central, utilizou-se os dados preliminares de autoavaliação obtidos para validação do questionário, conforme relatado na subseção 3.3.4. Quando questionados sobre o nível de concordância quanto ao seu conhecimento sobre as atividades de simulação e seus objetivos, entre os dezessete respondentes, dois estudantes discordaram totalmente, seis discordaram parcialmente, três declararam-se indecisos, quatro concordaram parcialmente e dois concordaram totalmente. Para os dados analisados, é interessante conhecer a moda, sendo este o valor que mais se repete, isto é, a moda é igual a dois.

Além das medidas de posição e dispersão, podem ser utilizados gráficos para a representação visual dos dados. Ryan (2009) afirma que o histograma costuma ser o método de exibição de dados mais utilizado, pois possibilita a análise da sua distribuição. Segundo o autor, é formado por colunas que representam a frequência em que os dados aparecem em determinadas classes, indicadas na base do gráfico. Já Cox (2017) sugere o uso de Gráficos Likert para a visualização de dados ordinais, usados para destacar a dispersão de dados sobre os níveis avaliados, podendo apresentar valores brutos ou percentuais.

Na subseção a seguir é apresentado mais um método para a análise de dados quantitativos.

4.4.4 Teste de hipótese

Em pesquisas quantitativas, pode ser de interesse do pesquisador generalizar uma informação obtida com base em alguns indivíduos para todos os indivíduos. Geralmente os experimentos são feitos com amostras, mas não se deseja que as conclusões sejam restritas a elas. Entende-se por amostra qualquer subconjunto retirado de uma população, sendo esta o conjunto do qual se tem interesse em conhecer um determinado comportamento. Dessa forma, para expandir os resultados obtidos a partir de uma amostra para a população, utiliza-se a inferência estatística (VIEIRA, 1999).

Segundo Vieira (1999, p. 35), inferência é “dar informação para o todo, com base no conhecimento de parte”. Com essa finalidade são utilizados testes estatísticos para a análise de hipóteses a respeito da população. Ryan (2009) esclarece que não se pode testar afirmações que se acredita serem verdadeiras, uma vez que o teste de hipótese não é utilizado para provar uma hipótese. Dessa forma, a hipótese testada é denominada hipótese nula (representada por H_0), enquanto a afirmação que se tem como verdadeira é denominada hipótese alternativa (representada por H_1). No presente estudo, investiga-se se há diferença entre os níveis de desenvolvimento para as competências indicados pelos estudantes, pressupondo a influência da metodologia e da tecnologia utilizadas. Portanto, tem-se que:

- H_0 = os níveis de desenvolvimento de competências são iguais;
- H_1 = os níveis de desenvolvimento de competências são diferentes.

Segundo Ryan (2009), a hipótese nula (H_0) pode ser refutada, com uma probabilidade específica de esta decisão estar errada. Essa probabilidade é denominada nível de significância do teste (representada por α) (VIEIRA, 1999). Já quando não é possível refutar a hipótese nula, diz-se que não é possível rejeitá-la.

Os testes estatísticos de hipótese podem ser classificados em paramétricos e não paramétricos, de acordo com as características dos dados (VIEIRA, 2003). Segundo a autora, para o uso dos testes paramétricos, as variáveis devem ser numéricas e as hipóteses feitas sobre parâmetros, pressupondo que tenham distribuição normal e homogeneidade de variâncias. Caso

esses pressupostos não sejam atendidos ou as amostras sejam pequenas, como ocorre neste estudo, Vieira (2003) afirma que testes não paramétricos podem ser utilizados.

No presente estudo, utiliza-se o teste não paramétrico Wilcoxon. De acordo com Vieira (2003), o teste Wilcoxon, para uma amostra emparelhada, baseia-se em um ranking de diferenças entre pares, denominado postos. As hipóteses testadas são:

- H_0 : a diferença entre os pares segue uma distribuição simétrica em torno de zero;
- H_1 : a diferença entre os pares não segue uma distribuição simétrica em torno de zero.

A estatística de teste (z) é calculada conforme a equação 2 (VIEIRA, 2003):

$$z = \frac{\sum R}{\sqrt{\sum R^2}} \quad (2)$$

Sendo R os postos assinalados. Então, o valor z calculado é comparado com o valor crítico obtido pela tabela de distribuição normal padronizada, conforme o nível de significância estabelecido (VIEIRA, 2003). Dessa forma, para analisar se houve melhora de desempenho nas competências avaliadas ao final do período letivo, pode-se utilizar o teste Wilcoxon que usa como parâmetro a mediana das diferenças das avaliações (η) antes e depois (SIEGEL; CASTELLAN JR., 2006). A análise estatística será realizada pelo software Minitab[®], e as hipóteses testadas são:

- H_0 : $\eta = 0$, quando não há melhora de desempenho;
- H_1 : $\eta > 0$, quando há melhora de desempenho.

Além de métodos de análise adequados à pesquisa, é importante definir procedimentos de verificação e validação, visando garantir a sua qualidade. Esses procedimentos são descritos na seção seguinte.

4.5 PROCEDIMENTOS DE VERIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO

Em pesquisas que utilizam métodos mistos, a análise de dados deve envolver procedimentos para a verificação e a validação dos dados qualitativos e quantitativos (CRESWELL, 2010). Para estabelecer esses procedimentos, o autor recomenda que aspectos críticos das metodologias qualitativa e quantitativa sejam identificados, e que ações, para eliminar ou reduzir os riscos, sejam planejadas e executadas.

Creswell (2010) observa que, em pesquisa com métodos quantitativos, é preciso identificar as ameaças internas aos experimentos, projetando-os para não permitir que se concretizem ou reduzir seus impactos. De acordo com as ameaças descritas pelo autor, as relacionadas à seleção dos participantes, à testagem, à instrumentação e à validade da conclusão estatística podem ser identificadas nessa pesquisa. Com relação à seleção dos participantes, o autor argumenta que alguns podem apresentar predisposição a determinados resultados. No experimento proposto, alguns estudantes podem apresentar competências que são objetivos de aprendizagem previamente desenvolvidas, ou dificuldades específicas para o aprendizado. Nesses casos, Creswell (2010) argumenta que, quando os participantes são selecionados de forma aleatória, suas características prévias podem ser igualmente distribuídas entre os grupos experimentais.

No que se refere à ameaça de validade da conclusão estatística, Creswell (2010) a identifica quando os experimentos resultam em inferências inexatas devido à seleção de um teste estatístico inadequado, ou à violação de suposições estatísticas. Para evitar esse risco, optou-se pelo teste não paramétrico Wilcoxon, de acordo com as características dos dados. Ademais, de acordo com o DBR, a validade de uma pesquisa está tão relacionada à intervenção em um contexto real quanto à conclusão estatística (BARAB, 2014). Dessa forma, sugere-se que as intervenções ao longo do desenvolvimento do projeto sejam bem analisadas e descritas, permitindo a replicação por outros pesquisadores.

Quanto aos métodos qualitativos, Creswell (2010) afirma que é importante garantir a verificação e a validação dos dados, além de escolher as abordagens adequadas para os objetivos da pesquisa. Segundo o autor, a verificação está relacionada ao registro e ao armazenamento adequado dos dados, além de uma “descrição rica e densa” dos procedimentos e resultados, “transportando os leitores para o local e proporcionando à discussão um elemento de experiências compartilhadas” (CRESWELL, 2010, p. 226). Já a validação está relacionada à avaliação da precisão dos resultados, sendo recomendado como estratégia a triangulação de diferentes evidências (YIN, 2005; CRESWELL, 2010).

Yin (2005) apresenta como princípio fundamental para a validação a triangulação, que consiste na utilização de fontes múltiplas de evidências, pois conclusões, a partir de fontes distintas de informação, tendem a ser mais confiáveis. Na presente pesquisa, fez-se a triangulação das seguintes fontes: revisão da literatura, avaliação do professor sobre as competências desenvolvidas pelos alunos e suas percepções. Para cada fonte de evidência, também se tem diferentes fontes de dados, permitindo

a comparação dos resultados apresentados. A Figura 18 apresenta o esquema de triangulação para essa pesquisa, com o efeito a ser observado no centro e as relações entre as fontes de evidências sinalizadas por setas.

FIGURA 18 – ESQUEMA DE TRIANGULAÇÃO DAS FONTES DE PESQUISA



Fonte: a autora (2022).

Além da triangulação, Yin (2005) apresenta outros dois princípios para a verificação e a validação. De acordo com o autor, o segundo princípio está relacionado à organização dos dados, assim como recomenda Creswell (2010). Nesse sentido, os registros de pesquisa devem estar acessíveis ao pesquisador e a quem interessar. Por fim, o terceiro princípio consiste em “manter o encadeamento de evidências” (YIN, 2005, p. 133); ou seja, estabelecer procedimentos metodológicos suficientes para que nenhuma evidência seja perdida no decorrer da pesquisa, assim como indicado por Matta, Silva e Boaventura (2014).

Diante do terceiro princípio apresentado por Yin (2005) e ratificado por Matta, Silva e Boaventura (2014), na seção seguinte são apresentados os procedimentos metodológicos.

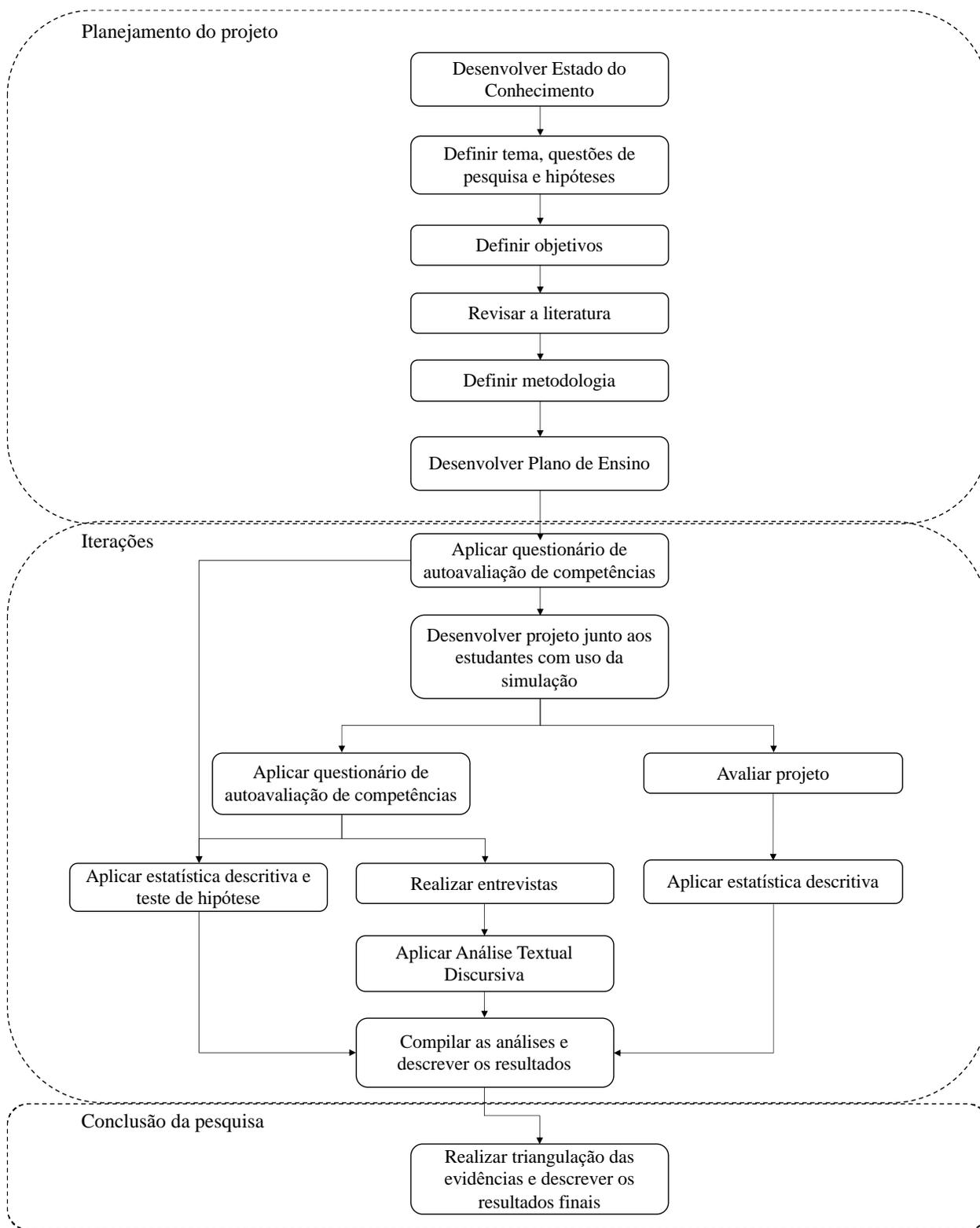
4.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos (Figura 19) para a presente pesquisa estão organizados em três fases sequenciais: i) Planejamento do Projeto de Pesquisa; ii) Desenvolvimento das Iterações; e iii) Conclusão da Pesquisa. As etapas que constituem essas fases são apresentadas em um diagrama de relações, em que as setas representam os encadeamentos e as dependências, conforme Figura 23.

O projeto de pesquisa tem início com o desenvolvimento do Estado do Conhecimento, a definição do tema, as questões de pesquisa, as hipóteses e os objetivos, os quais são apresentados nos capítulos um e dois desse documento. A seguir faz-se a revisão da literatura relacionada ao tema escopo da pesquisa e define-se a metodologia, de acordo com os objetivos anteriormente descritos, apresentadas no segundo, terceiro e quarto capítulos.

O projeto foi conduzido no decorrer de três períodos letivos (três iterações), contemplando três diferentes turmas de estudantes matriculados no componente curricular Simulação. Dessa forma, os resultados da primeira iteração podem gerar mudanças no modelo aplicado na segunda e terceira iterações, tendo as etapas de implementação e a coleta de dados repetidas. Inicia-se com a aplicação do questionário de autoavaliação de competências. Após, durante aproximadamente quatro meses, são desenvolvidos os projetos junto aos estudantes com o uso da Simulação, abordando os conteúdos previstos na ementa. Então, no final do período letivo, realiza-se a avaliação dos relatórios dos projetos e aplica-se novamente o questionário de autoavaliação de competências. Tendo os resultados das avaliações dos projetos e dos questionários de autoavaliação, pode-se realizar a análise dos dados com apoio da estatística descritiva e teste de hipótese. Por meio dos questionários de autoavaliação, identifica-se os estudantes disponíveis às entrevistas, que após transcritas são analisadas por meio da Análise Textual Discursiva. Então, realiza-se a compilação das análises e apresentação dos resultados. A última fase, a de conclusão da pesquisa, consiste em realizar a triangulação das evidências e descrever os resultados finais.

FIGURA 19 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS



Fonte: a autora (2022).

Alguns textos relacionados à tese já foram publicados, aceitos ou submetidos, os quais são indicados no Apêndice C.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A pesquisa foi desenvolvida nos anos 2020, 2021 e 2022, com três períodos letivos de coleta de dados, envolvendo 36 estudantes concluintes do curso de Engenharia de Produção. No período considerado, foram registradas 34 aprovações, sendo que os motivos para as duas reprovações foram evasão do curso e o não atingimento dos objetivos de aprendizagem. Ainda, 24 estudantes assinaram o TCLE e responderam aos dois formulários de autoavaliação de competências utilizados no início e no fim dos períodos letivos, cujas respostas são apresentadas e analisadas nesse capítulo.

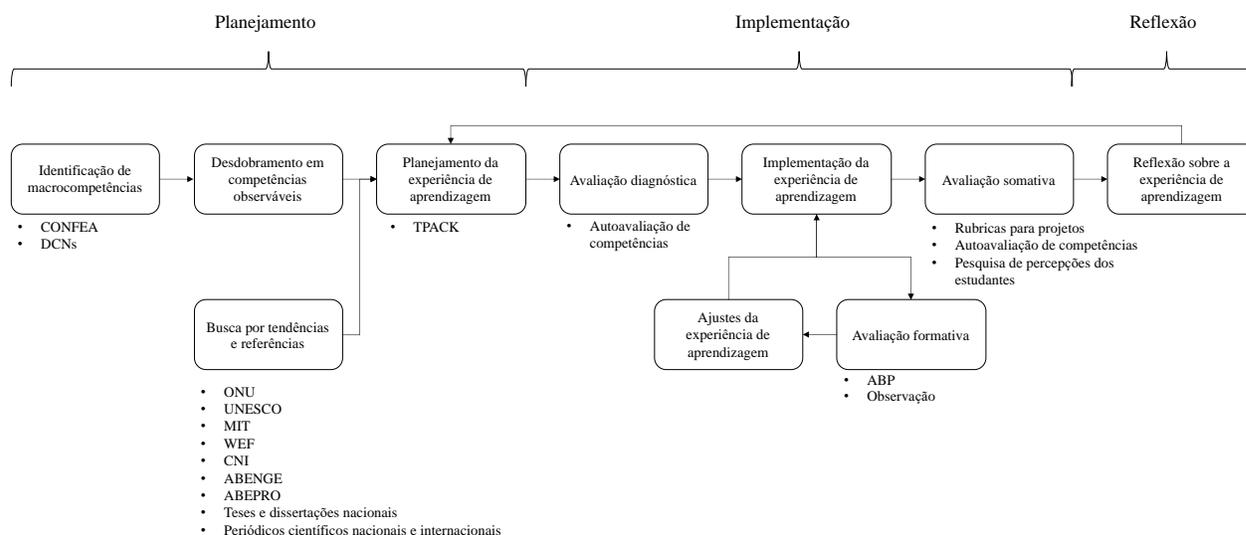
Também é importante esclarecer que a pesquisa foi desenvolvida durante o ERE e, portanto, na modalidade online. Para isso, foram utilizadas TICs, como os recursos de videoconferência para as interações síncronas e o Ambiente Virtual de Aprendizagem para mediar as atividades assíncronas.

Neste capítulo são apresentadas as análises dos dados coletados e os resultados da pesquisa. Inicia-se pela apresentação do modelo para desenvolvimento de competências proposto, sendo esse modelo o artefato resultante da pesquisa desenvolvida pela abordagem metodológica DBR. Nas seções seguintes, são descritas as informações relacionadas à sua implementação no contexto do estudo.

5.1 MODELO PARA DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS

O modelo proposto para o desenvolvimento de competências é composto por três fases, sendo essas: planejamento, implementação e reflexão. A fase de planejamento consiste nas ações necessárias para o projeto de uma experiência de aprendizagem adequada ao desenvolvimento de competências. A seguir, implementa-se a experiência de aprendizagem e realizam-se avaliações que possibilitem o ajuste da mesma, visando atingir os objetivos de aprendizagem. Por fim, faz-se uma reflexão sobre os resultados alcançados para melhoria contínua da experiência de aprendizagem. O modelo descrito é apresentado na Figura 20.

FIGURA 20 – Modelo para o desenvolvimento de competências



Fonte: a autora (2022).

A fase de planejamento inicia pela identificação das macrocompetências relacionadas à área de formação, atentando para documentos regulatórios, entidades relacionadas à atuação profissional e demandas do mundo do trabalho; e pela busca de tendências e referências sobre metodologias e recursos para os processos de ensino e aprendizagem nos contextos nacional e internacional. No presente estudo, as macrocompetências foram definidas a partir das DCNs para os cursos de Engenharia e junto ao CONFEA, órgão de regulamentação e fiscalização do exercício profissional em Engenharia. Já as referências e tendências foram observadas em publicações de entidades reconhecidas pelas suas contribuições para a sociedade e área do conhecimento da graduação, além de publicações científicas nacionais e internacionais.

Ainda na fase de planejamento, as macrocompetências são desdobradas em competências observáveis, possibilitando o acompanhamento do desenvolvimento pelos estudantes. Então, conhecendo as competências a serem desenvolvidas pelos estudantes e as melhores práticas educacionais, planeja-se a experiência de aprendizagem. Nessa etapa, é importante atentar para as metodologias de ensino e aprendizagem e tecnologias digitais que oportunizem o desenvolvimento de habilidades e atitudes para uso dos conhecimentos estudados. No presente estudo, o planejamento foi realizado com base no modelo TPACK (MISHRA E KOEHLER, 2006; TPACK ORG, 2012).

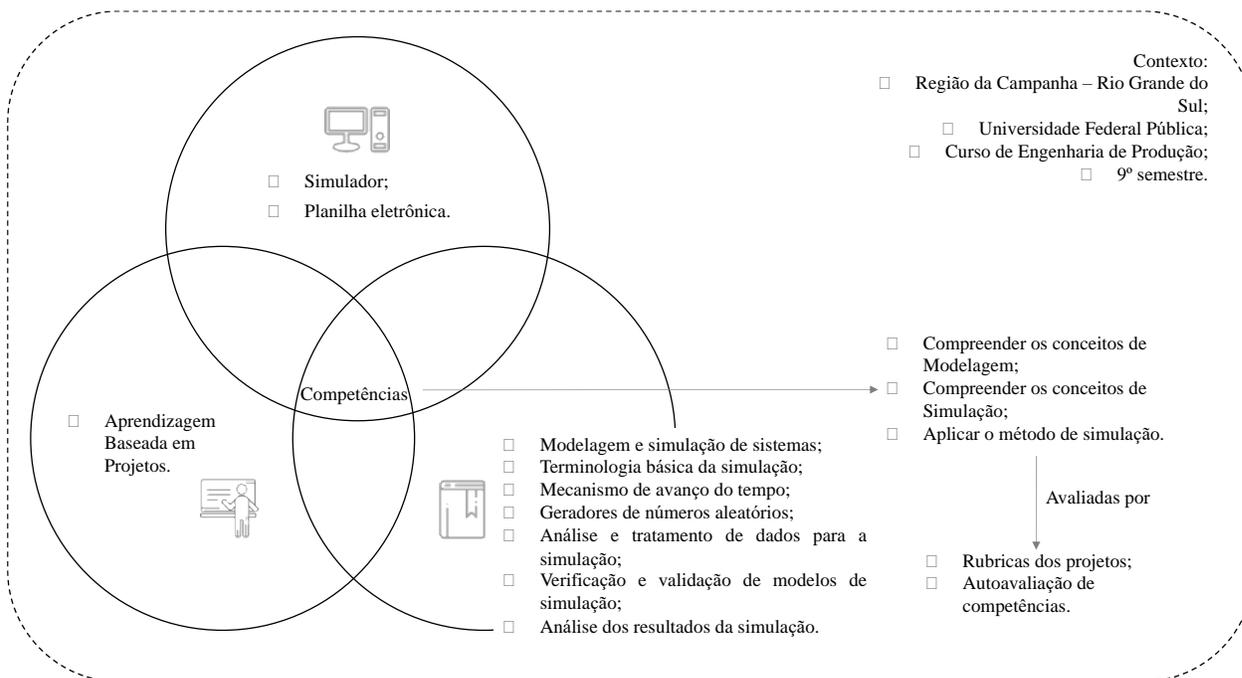
A segunda fase compreende a implementação da experiência de aprendizagem anteriormente planejada, que deve ser antecedida por uma avaliação diagnóstica dos estudantes, visando conhecer seus níveis de desempenho quanto às competências inicialmente desdobradas. Para isso, utilizou-se a autoavaliação de competências, conforme sugere Sant'anna (2014), Estriegana, Merodio e Barchino (2018) e Castedo *et al.* (2019). Durante a implementação da experiência também se realiza a avaliação formativa para acompanhamento do desenvolvimento dos estudantes (SANT'ANNA, 2014), promovendo ações para recuperação da aprendizagem. Nesse sentido, utilizou-se a ABP e observação das atividades desenvolvidas pelos estudantes. Por fim, a avaliação somativa deve ser realizada para fins de diagnóstico e registro de desempenho dos estudantes (SANT'ANNA, 2014; LUCKESI, 2018), sendo utilizadas rubricas para os projetos (MARCHETI, 2020), autoavaliação de competências e pesquisa de percepção dos estudantes.

A última fase do modelo proposto contempla uma etapa de reflexão a partir dos resultados das avaliações, para que seja promovida a melhoria contínua da experiência de aprendizagem. A experiência de aprendizagem desenvolvida neste estudo é descrita na seção a seguir.

5.2 EXPERIÊNCIA DE APRENDIZAGEM

A experiência de aprendizagem proposta foi desenvolvida a partir do conjunto de conhecimentos apresentados na ementa do componente curricular Simulação, de simuladores computacionais para os quais os estudantes devem desenvolver habilidades de uso, das competências e da metodologia de Aprendizagem Baseada em Projetos, a qual tornou-se a abordagem integradora dos elementos citados. Teve como base o modelo TPACK (MISHRA E KOEHLER, 2006; TPACK ORG, 2012), conforme apresentado na Figura 21.

FIGURA 21 – EXPERIÊNCIA DE APRENDIZAGEM PROPOSTA



Fonte: a autora (2022).

Essa experiência foi descrita em um Plano de Ensino por meio de um programa, que é apresentado no Quadro 29, aplicado em três momentos diferentes, cada um representando uma iteração da abordagem metodológica DBR. Dos 24 estudantes contemplados na pesquisa, 14 participaram da primeira iteração, três da segunda iteração e sete da terceira iteração. As iterações possibilitaram o aperfeiçoamento da proposta, conforme foram observados os resultados das avaliações e as contribuições dos estudantes nas entrevistas previstas, ou em relatos durante as aulas síncronas. Portanto, o Quadro 30 apresenta a proposta em sua última versão.

QUADRO 30 – PROGRAMA DO COMPONENTE CURRICULAR SIMULAÇÃO

Aulas	Atividades	Etapa ABP (MORAN, 2018)	Modalidade	Recurso tecnológico
1	Apresentação do Plano de Ensino	Atividades para motivação e contextualização.	Síncrono	Moodle Google Meet
	Aula expositiva dialogada: introdução à Simulação			

Aulas	Atividades	Etapa ABP (MORAN, 2018)	Modalidade	Recurso tecnológico
2	Aula expositiva dialogada: Método de Simulação	Atividades para motivação e contextualização.	Síncrono	Moodle Google Meet
3	Projeto: formulação do problema e planejamento do projeto de simulação	Atividades de <i>brainstorming</i> .	Assíncrono	Moodle
	Entrega 1 pelos grupos	Atividades de organização.		
4	Aula expositiva dialogada: modelos conceituais	Atividades de melhoria de ideias.	Síncrono	Moodle Google Meet
	Retorno da avaliação da entrega 1			
5	Projeto: caracterização do sistema em estudo e formulação do modelo conceitual	Atividades de produção.	Assíncrono	Moodle
	Entrega 2 pelos grupos	Atividades de registro e reflexão.		
6	Aula expositiva dialogada: construção de modelos para simulação	Atividades de melhoria de ideias.	Síncrono	Moodle Google Meet Software Arena
	Retorno da avaliação da entrega 2			
7	Aula expositiva dialogada: construção de modelos para simulação	Atividades de melhoria de ideias.	Síncrono	Moodle Google Meet Software Arena
8	Aula expositiva dialogada: coleta, análise e tratamento de dados	Atividades de melhoria de ideias.	Síncrono	Moodle Google Meet Planilhas eletrônicas Software Arena

Aulas	Atividades	Etapa ABP (MORAN, 2018)	Modalidade	Recurso tecnológico
9	Projeto: coleta, análise e tratamento dos dados	Atividades de produção.	Síncrono	Google Meet Planilhas eletrônicas Software Arena
10	Projeto: coleta, análise e tratamento dos dados	Atividades de produção.	Assíncrono	Moodle Planilhas eletrônicas Software Arena
	Entrega 3 pelos grupos	Atividades de registro e reflexão.		
11	Projeto: construção de modelos de simulação	Atividades de produção.	Síncrono	Moodle Google Meet Software Arena
	Retorno da avaliação da entrega 3	Atividades de melhoria de ideias.		
12	Projeto: construção de modelos de simulação	Atividades de produção.	Assíncrono	Moodle Software Arena
	Entrega 4 pelos grupos	Atividades de registro e reflexão.		
13	Aula expositiva dialogada: verificação e validação dos modelos de simulação	Atividades de melhoria de ideias.	Síncrono	Moodle Google Meet Planilhas eletrônicas Software Arena
	Aula expositiva dialogada: experimentação			
	Retorno da avaliação da entrega 4			
14	Projeto: verificação, validação, experimentação e documentação	Atividades de produção.	Síncrono	Planilhas eletrônicas Software Arena
15	Entrega do Relatório Final pelos grupos	Atividades de registro e reflexão.	Síncrono	Moodle Google Meet
		Atividades de apresentação e/ou publicação.		

Fonte: a autora (2022).

Os períodos letivos foram organizados em 15 aulas expositivas dialogadas e práticas, utilizando videoconferências (Google Meet) e Ambiente Virtual de Aprendizagem (Moodle) para interação com os estudantes. Na primeira aula síncrona foi apresentado o plano de ensino e a proposta de desenvolvimento dos projetos, tendo como referência a âncora descrita por Bender (2014). Nas aulas seguintes, fez-se a apresentação dos conteúdos e atividades práticas que constituíram os projetos desenvolvidos, cujas etapas podem ser relacionadas com a abordagem da ABP proposta por Moran (2018). Quando foi realizado o planejamento do projeto, os problemas foram discutidos com a professora, que auxiliou em suas delimitações, conforme é incentivado por Bender (2014).

Assim, nas aulas expositivas dialogadas (melhorias de ideias) incentivou-se a participação dos estudantes por meio de perguntas e exercícios, os quais eram corrigidos na mesma oportunidade; nos momentos de retorno das avaliações (melhorias de ideias), os estudantes apresentavam suas dúvidas sobre os projetos, as quais eram solucionadas com a ajuda da professora e dos demais colegas, tendo como base o parecer enviado anteriormente pela professora; e nas atividades assíncronas (atividades de produção, registro e reflexão), os grupos reuniram-se para desenvolvimento das atividades práticas, compartilhando suas dúvidas por meio dos fóruns de discussão do Moodle.

As alterações no programa desde a primeira versão foram: (i) o acréscimo da aula 7; e (ii) a inversão das aulas 6, 7 e 8. Quanto à primeira alteração, os estudantes entrevistados relataram como dificuldade para o aprendizado desenvolver suas habilidades no uso do software de Simulação, conforme será apresentado em subseção seguinte. Para ajudá-los a superar esse desafio, incluiu-se mais uma aula síncrona sobre o tema com o desenvolvimento de exercícios, além da indicação de materiais extras para consulta, como vídeos tutoriais e manuais do sistema. No que se refere à segunda alteração, vale esclarecer que na primeira versão do programa, a ordem de apresentação dos conteúdos seguia o fluxo da metodologia de simulação, ou seja, apresentava-se a coleta, análise e tratamento de dados para abordar a simulação computacional em momento posterior. Porém, os estudantes relataram em aula síncrona a dificuldade de compreender a finalidade das etapas de preparação dos dados, o que é evidenciado quando utilizam o software de simulação, motivo pelo qual passou-se a abordar os temas em ordem inversa.

A seguir, são caracterizados os projetos desenvolvidos pelos estudantes e apresentados os resultados das avaliações por rubricas.

5.3 DESENVOLVIMENTO DOS PROJETOS E AVALIAÇÕES

Nesta subseção são apresentadas informações sobre os projetos desenvolvidos pelos estudantes e os resultados das respectivas avaliações.

5.3.1 Caracterização dos projetos

Os estudantes organizaram-se em grupos contendo dois a quatro integrantes. Quatorze projetos foram desenvolvidos em quatro das dez áreas de conhecimento da Engenharia de Produção (ABEPRO, 2021) - Engenharia de Operações e Processos da Produção, Logística, Pesquisa Operacional e Engenharia Organizacional – o que evidencia a abrangência de conhecimentos contemplados pela experiência de aprendizagem proposta. Dessa forma, de acordo com Moran (2018), pode-se classificar a abordagem da ABP adotada como transdisciplinar, já que envolve temas de diferentes áreas. Possibilitaram a aplicação da modelagem e da simulação computacional em sistemas de produção definidos pelos estudantes, cujas etapas do método foram desenvolvidas gradualmente, conforme os conteúdos foram abordados no componente curricular.

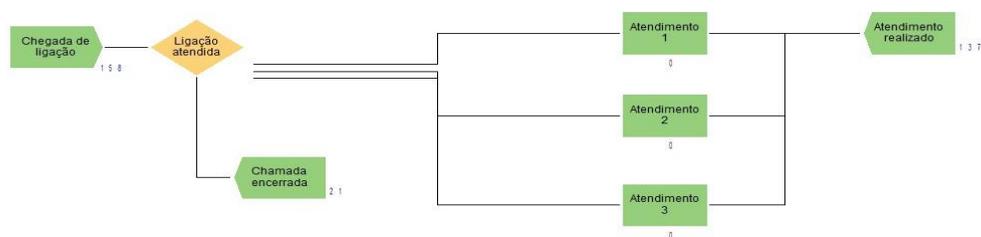
Doze sistemas diferentes foram objetos de estudo por meio dos projetos, com destaque para Cooperativa de Crédito e Padaria, com dois trabalhos cada. Os demais são: Call Center, Cooperativa de Medicamentos, Complexo Portuário, Fábrica de Produtos de Limpeza, Fábrica de Ração para Bovinos, Farmácia, Restaurante Universitário, Secretaria de Assistência Social Municipal, Supermercado e Usina Termoelétrica. Observa-se que a definição dos temas pelos estudantes teve o propósito de incentivar o engajamento, de acordo com o que recomenda o *Buck Institute for Education* (2008) e Bender (2014).

Entre os objetivos dos projetos, tem-se o dimensionamento de equipes de atendimento, a análise de produtividade e a identificação de restrições. A modelagem e a simulação computacional permitiram experimentar alternativas para alocação de recursos e aquisição de novos equipamentos, sem interferir nos sistemas reais. Para isso, foi utilizado o software Arena® em sua versão gratuita, cuja interface permite a construção de fluxogramas que representam os sistemas

em estudo em uma notação comumente utilizada pelos engenheiros de produção. Por meio do software também é possível realizar a análise estatística para identificação das distribuições de probabilidade que se ajustam aos dados coletados, sendo essas informações necessárias para simulação.

Por exemplo, um dos trabalhos teve como escopo o processo de atendimento aos clientes por telefone em uma cooperativa de crédito, com o objetivo de avaliar se o número de funcionários é adequado à demanda. A Figura 22 apresenta o modelo computacional construído no Arena®, em que as ligações são direcionadas a três atendentes, ou encerradas quando o cliente não dá prosseguimento à solicitação. Por meio da simulação, foi possível experimentar diferentes alocações de responsabilidades e definir o melhor dimensionamento da equipe, sem interferir no sistema real.

FIGURA 22 – MODELO COMPUTACIONAL CONSTRUÍDO NO SOFTWARE ARENA®



Fonte: a autora (2022)

Os projetos foram desenvolvidos de acordo com as etapas para modelagem e simulação, conforme Harrel *et al.* (2002). Dessa forma, os estudantes visitaram os sistemas mencionados anteriormente, para identificação de problemas e oportunidades e coleta de informações. Os desenvolvimentos dos projetos foram acompanhados por meio de entregas parciais dos resultados preliminares e encontros síncronos para orientação das atividades. Após as entregas parciais, os estudantes recebiam por escrito um parecer indicando correções e oportunidades de melhoria. Já nos momentos de retorno das avaliações, além do auxílio da professora responsável, os estudantes compartilharam entre si suas experiências.

No final do período, redigiram um resumo expandido, avaliado conforme as rubricas apresentadas no capítulo 4. Os resumos foram estruturados com as seções introdução, métodos e

procedimentos, resultados e considerações finais, contendo entre 10 e 15 páginas. Nas considerações finais, os estudantes avaliaram os projetos desenvolvidos, destacando a análise sistêmica proporcionada pela simulação e a realização de experimentos em tempo e riscos reduzidos. Em um dos trabalhos consta que “a modelagem e a simulação computacional permitiram que diferentes arranjos para o sistema em estudo fossem testados em alguns minutos, sem prejudicar seu desempenho”. Os resultados das avaliações são apresentados a seguir.

5.3.2 Avaliação dos projetos

A avaliação dos projetos pode ser classificada como somativa (SANT’ANNA, 2014), uma vez que resulta em um indicador de desempenho ao final do processo de ensino e aprendizagem para fins de aprovação ou reprovação, assim como visam a tomada decisão para ação diagnóstica (LUCKESI, 2018), já que são subsídios para reflexão sobre a experiência de aprendizagem implementada. No Quadro 31 são apresentadas as avaliações dos projetos para cada uma das rubricas, conforme as pontuações 0, 1, 2 e 3, sendo 0 a pontuação mínima e 3 a máxima.

QUADRO 31 – AVALIAÇÕES DOS PROJETOS

Iteração	Projetos													
	1										2	3		
Critérios	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Formulação do problema.	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	2
Planejamento do projeto.	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	2	3
Caracterização do sistema em estudo	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Formulação do modelo conceitual.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Coleta de dados.	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3
Tratamento dos dados.	2	2	2	3	2	2	2	1	2	3	3	3	3	3
Formulação do modelo computacional.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Validação e verificação dos modelos.	0	3	3	3	3	0	0	3	3	3	3	3	3	3

	Projetos													
Projeto os experimentos.	0	3	3	3	2	2	0	3	0	0	3	2	3	3
Identificação a solução.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3
Documentação e apresentação dos resultados da simulação.	3	3	2	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3

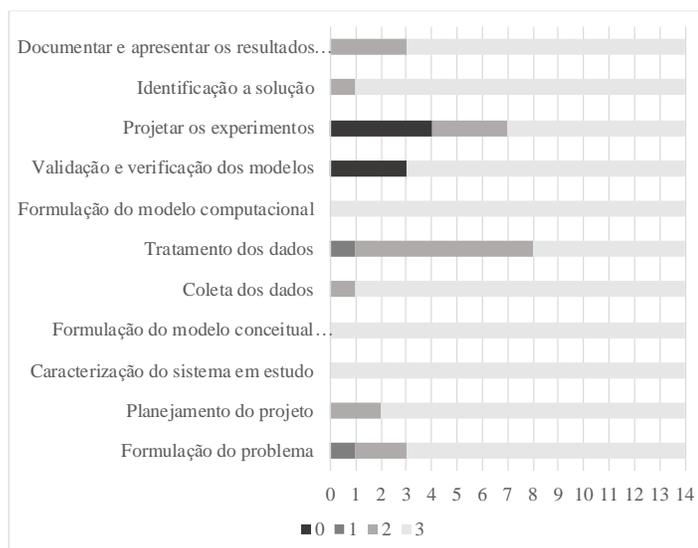
Fonte: a autora (2022).

Pode-se observar na primeira iteração que os critérios tratamento de dados, validação e verificação de modelos e projeto de experimentos apresentaram desempenho inferior aos demais. Pode-se relacionar o primeiro critério com o relato dos estudantes sobre a dificuldade de compreender sua finalidade, já descrito na seção anterior. O segundo critério citado tem relação com a interpretação dos relatórios gerados pelo software de simulação, e, portanto, o desempenho pode ser relacionado às dificuldades de uso que são relatadas nas entrevistas, conforme será apresentado na subseção 5.3.1.3. Já o terceiro critério é dependente de competências desenvolvidas em outros componentes curriculares da graduação, de modo que pode ser observada uma dificuldade de aprendizado anterior.

Diante das análises dos resultados, alterações foram realizadas no Plano de Ensino, cujo programa atualizado é apresentado no Quadro 30. Assim, nas iterações seguintes (2 e 3), é possível observar uma melhora no desempenho, com exceção do critério projeto de experimentos. No que se refere a este último, os estudantes relataram não lembrarem dos conhecimentos, já que tinham estudado os mesmos no terceiro semestre da graduação, no componente Probabilidade e Estatística, de forma superficial. Dessa forma, uma nova versão do Projeto Pedagógico do Curso (em elaboração) prevê a criação do componente curricular Projeto de Experimentos alocado em um semestre anterior ao componente curricular Simulação Computacional.

No Gráfico 8 apresenta-se um resumo das avaliações dos projetos.

GRÁFICO 8 – AVALIAÇÕES DOS PROJETOS CONFORME RUBRICAS



Fonte: a autora (2022).

Observa-se que três rubricas receberam pontuação máxima em todos os projetos, sendo: caracterização do sistema em estudo, formulação do modelo conceitual e formulação do modelo computacional; apenas quatro projetos receberam pontuação zero, situação restrita a duas rubricas: validação e verificação dos modelos e projeto de experimentos; e sete rubricas tiveram apenas pontuações 2 e 3. Em notas de zero (0) a dez (10), a média dos projetos foi de 9,1 e desvio padrão de 0,8; a menor nota foi 7,5 e a maior nota 10,0; 64% dos trabalhos foram avaliados com notas superiores a 9,0.

Os estudantes consideraram o projeto como uma oportunidade para exercitar os conhecimentos estudados e aproximá-los à prática profissional. Um dos grupos escreveu em seu resumo expandido que "alguns conceitos se tornaram mais tangíveis na prática, pois são compreendidos de forma mais clara quando vivenciados em uma situação real". Também relataram que a modelagem e a simulação computacional facilitaram a resolução dos problemas inicialmente identificados e os aproximaram ao ambiente profissional. Entre as considerações descritas nos resumos tem-se que "a utilização do software de simulação permitiu a geração de cenários próximos à realidade".

Outras percepções dos estudantes são apresentadas na seção seguinte, coletadas a partir de entrevistas e analisadas com a ATD.

5.4 ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA DAS ENTREVISTAS

Quatro entrevistas foram conduzidas com estudantes que se voluntariaram por meio do formulário de autoavaliação de competências, cujas informações são apresentadas no Quadro 32. Dois estudantes participaram da primeira iteração da pesquisa, e os outros dois da segunda e terceira iterações.

QUADRO 32 – CARACTERIZAÇÃO DOS ENTREVISTADOS

Entrevistado	Experiência anterior com simulação computacional?	Tempo de curso quando participou do projeto	Iteração
1	Não	4 anos	1
2	Não	4 anos	1
3	Não	5 anos	2
4	Não	6 anos	3

Fonte: a autora (2022).

As entrevistas foram conduzidas utilizando o protocolo do Quadro 21, transcritas e analisadas de acordo com a ATD. Dessa forma, foram identificadas 253 unidades de sentidos, agrupadas em 79 categorias iniciais. Essas, por sua vez, foram reorganizadas em 40 categorias intermediárias, e por fim, em quatro categorias finais e 15 subcategorias, cujos conteúdos são apresentados no Quadro 33

QUADRO 33 – CATEGORIAS, SUBCATEGORIAS E RESPECTIVOS CONTEÚDOS OBTIDOS A PARTIR DA ATD

Categorias finais	Subcategorias	Conteúdos
Fatores que influenciam o desenvolvimento de competências	Metodologia de ensino e aprendizagem	Aprendizagem Baseada em Projetos
		Exercícios
		Casos
		Aulas expositivas dialogadas
	Avaliação da aprendizagem	Autoavaliação
		Avaliação formativa
	Material de apoio	Vídeos tutoriais
		Aulas gravadas
		Apostila

Categorias finais	Subcategorias	Conteúdos
	Tecnologias digitais	Planilhas eletrônicas
		Software de simulação
Competências desenvolvidas	Autonomia para o aprendizado	
	Comunicação	
	Trabalho em equipe	
	Aplicação da Teoria das Filas	
	Desenvolvimento da modelagem e simulação	
	Planejamento do projeto	
	Coleta, análise e tratamento dos dados	
	Projeto de experimentos	
	Resolução de problemas	
Avaliação do Ensino Remoto Emergencial	Desafios	Atenção nas aulas síncronas
		Engajamento nas atividades
	Oportunidade	Materiais de apoio
		Facilidade de acesso

Fonte: a autora (2022).

As categorias são detalhadas nas subseções a seguir.

5.4.1 Fatores que influenciam o desenvolvimento de competências

Buscou-se identificar os fatores que influenciam o desenvolvimento de competências, de acordo com as percepções dos entrevistados. A seguir são detalhados os seguintes: metodologia de ensino e aprendizagem e tecnologias digitais, assim como é proposto no modelo TPACK (MISHRA E KOEHLER, 2006; TPACK ORG, 2012); avaliação da aprendizagem e materiais de apoio.

5.4.1.1 Metodologias de Ensino e Aprendizagem

Entre os fatores que influenciam o desenvolvimento de competências, as metodologias de ensino e aprendizagem foram as mais citadas pelos entrevistados, o que está alinhado com as expectativas do MEC (2019) e da CNI (2021) nos documentos orientadores para os cursos de engenharia. Por exemplo, o Entrevistado 2 afirma que “acho que foi uma forma (de aprendizagem) muito boa aquele projeto que a gente desenvolveu, para desenvolver as competências na área de simulação”, e o Entrevistado 1 justifica que por meio do projeto pôde “por em prática o que aprendeu em aula”. Dessa forma, a ABP mostra-se como alternativa para o aprendizado, assim como Reis, Barbalho e Zanette (2017) e Guo *et al.* (2020) observaram.

Os projetos aproximaram os estudantes da atuação profissional, já que os problemas solucionados foram reais e identificados no mundo do trabalho. Nesse sentido, o Entrevistado 1 afirma que conseguiu conciliar o que vê no dia a dia e entender como funciona a engenharia por trás daquilo” e o Entrevistado 4 que foi possível “experimentar como é ser engenheira”. O Entrevistado 3 em momento posterior aplicou a Modelagem e Simulação em seu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), desenvolvido na empresa em que trabalhava, conforme seu relato “eu tive o TCC depois, que foi bem nessa área, com simulação. (O projeto) me auxiliou para não ser tão difícil”. Diante do exposto, pode-se validar o argumento de Bender (2014) quanto ao engajamento e aprendizado serem incentivados por problemas reais que sensibilizem o estudante.

O desenvolvimento gradativo do projeto com avaliações parciais também foi percebido de forma positiva pelos entrevistados, conforme relata o Entrevistado 1 “a gente tirava dúvidas, fazia uma parte (...). Eu gosto dessa forma, aos poucos durante o semestre o no final o trabalho completo”. Essas respostas vão ao encontro do que é exposto pelo *Buck Institute for Education* (2008), quanto à ABP como método de avaliação processual, o que permite que melhorias sejam desenvolvidas até a conclusão. Ainda, nesse modelo, incentiva-se a ação com base na reflexão, conforme propõe Moran (2018).

Os exercícios desenvolvidos em aula também são indicados como influentes no desenvolvimento de competências pelos estudantes, assim como observa-se no Estado do Conhecimento. De acordo com os entrevistados, contribuem ao incentivar a revisão dos conteúdos estudados e ao prepará-los para posterior aplicação dos conhecimentos nas atividades do projeto. O Entrevistado 3 afirma que “a gente pôde relembrar muito dos conteúdos que viu ao longo do

curso”; e o Entrevistado 4 observa “achei importante exercitar os conteúdos antes de usar no projeto, pois nos dava a base necessária. (...) Se fosse direto para o projeto, a gente podia bloquear por causa da dificuldade.”

O uso de Casos também foi identificado pelos entrevistados como metodologia relacionada ao desenvolvimento de competências, o qual foi utilizado pela professora junto com *storytelling* nas aulas expositivas dialogadas. Segundo o Entrevistado 1 “Fixar as coisas com exemplos é muito mais fácil”; e o Entrevistado 4 observa que “Se o professor apresenta exemplos de aplicação, conseguimos entender porque aquele conteúdo é importante”. Portanto, assim como defendem Palacios e Terenzo (2016), as histórias (exemplos) podem despertar a atenção dos estudantes e promover o engajamento, elementos importantes para o desenvolvimento de competências.

Ainda entre as metodologias de ensino e aprendizagem, três entrevistados afirmaram que as aulas expositivas dialogadas influenciaram o desenvolvimento de competências, enquanto um entrevistado ficou indeciso. De acordo com o Entrevistado 2 “Era uma sala de aula interativa”, de modo que o Entrevistado 2 relatou que possibilitou “compartilhar com os outros colegas que não eram do nosso grupo (executor do projeto), as dúvidas e os aprendizados”. Portanto, as aulas expositivas dialogadas possibilitaram a interação, a troca de conhecimento entre os estudantes e apoiaram o desenvolvimento dos projetos, conforme afirma o Entrevistado 3 “Não sei se as aulas expositivas contribuem diretamente para o desenvolvimento de competências, mas sem elas não teria como fazer o projeto”. *Buck Institute for Education* (2008), Bender (2014) e Moran (2018) descrevem que momentos de compartilhamento de aprendizados e discussão de problemas devem ser contemplados na Aprendizagem Baseada em Projetos.

5.4.1.2 Avaliação da Aprendizagem

Conforme já exposto, o método de ABP adotado possibilitou a avaliação formativa, por meio das entregas parciais realizadas pelos estudantes e pareceres devolvidos pela professora, com correções e oportunidades de melhoria. Além dos pareceres, momentos das aulas expositivas dialogadas eram destinados ao esclarecimento de dúvidas e compartilhamento de informações. Conforme descreve o Entrevistado 2, “como a gente vai recebendo *feedback*, vai tendo uma melhoria contínua do projeto, vai melhorando o que está fazendo (...) se fosse fazer a atividade sem esse *feedback*, poderia ir para um lado totalmente errado”. Ainda, o Entrevistado 4 observa que

“aprendemos com os erros, sem sermos penalizados por isso, já que as entregas parciais não recebiam nota, apenas o parecer da professora.”. Portanto, foram promovidas a observação e reflexão, possibilitando um replanejamento do projeto e do processo de aprendizagem, conforme explica Sant’Anna (2014).

Um dos entrevistados também identificou a oportunidade de realizarem a autoavaliação, conforme seus desempenhos na realização das atividades do projeto. Conforme o relato da Entrevistado 4, “as atividades práticas são importantes, pois nessas horas vemos se aprendemos ou não o conteúdo. Se não conseguimos pôr em prática, significa que precisamos estudar mais.”. De acordo com Sant’Anna (2014), a reflexão do estudante sobre o que aprendeu deve ser incentivada, o que pode ser realizada por meio da observação do seu desempenho quando utiliza os conhecimentos.

5.4.1.3 Materiais de apoio

Os materiais de apoio também são apontados como influentes no desenvolvimento de competências. Os materiais citados foram os vídeos tutoriais do software Arena, as gravações das aulas expositivas dialogadas e a apostila elaborada pela professora. Conforme relata o Entrevistado 1, a aula gravada “era muito importante, principalmente quando mexia com o Arena. Principalmente porque ali tinha um botão específico que, quando você vai fazer sozinho, acaba esquecendo.”. No que se refere à apostila, o Entrevistado 1 descreve que é algo que a gente leva pra casa, e estuda no pós aula”; e o Entrevistado 3 percebe que permitiu “relembrar o que a gente fazia durante a aula”.

Ainda sobre o software de simulação, nas entrevistas, após a primeira iteração, os participantes relataram dificuldades quanto ao uso e a falta de materiais de referências. Por exemplo, o Entrevistado 2 relata que “a maior dificuldade que a gente teve foi no Arena”; e o Entrevistado 1 apresenta sua dificuldade de encontrar tutoriais sobre o software “às vezes tinha alguma coisa em inglês, mas em versões (do software) diferentes”. Dessa forma, tutoriais sobre o Arena® foram selecionados e disponibilizados, para auxiliar os estudantes. Após essa adição na segunda iteração da pesquisa, o Entrevistado 3 afirma que “o software pode ser difícil de usar, porque não conhecemos ele. Mas, os tutoriais gravados ajudaram muito”.

5.4.1.4 Tecnologias digitais

As tecnologias necessárias às atividades dos engenheiros, como software de simulação e planilhas eletrônicas, foram relacionadas pelos entrevistados ao desenvolvimento de competências, assim como defendem Koretsky e Magana (2019). O Entrevistado 3 afirma que “hoje o mundo é da tecnologia e dos sistemas de informações. Tem que estar sempre por dentro”, reconhecendo a importância de se apropriar do uso de tecnologias para sua atuação profissional. Também se observa a importância de a experiência de aprendizagem contemplar tecnologias digitais presentes no mundo do trabalho, conforme descreve o Entrevistado 1, “Quando a gente estava mexendo no software, acho que todo mundo se sentia assim, que a gente estava fazendo um trabalho profissional”.

Os Entrevistados 3 e 4 também afirmam que o uso de planilhas eletrônicas possibilitou o desenvolvimento de competência relacionada ao tratamento e análise de dados. De acordo com o Entrevistado 4, “O tratamento de dados, só fazendo os exercícios para fixar as etapas e aprender a usar o Excel”. Também observa que “a simulação computacional possibilitou que a gente testasse diferentes alternativas para os problemas sem os riscos”, e complementa que os gráficos do simulador facilitam a análise do processo.

Achados semelhantes quanto à contribuição das tecnologias digitais estão presentes no Estado do Conhecimento, principalmente como ferramentas de apoio para a solução de problemas. O Entrevistado 1 afirma que “nosso trabalho (como engenheiros de produção) é resolver problemas em diferentes situações. (...) Você tem uma certa demanda, e tem que usar o software para resolver aquele problema”.

A seguir, são descritas as competências relatadas pelos entrevistados.

5.4.2 Competências desenvolvidas

Nove competências foram citadas pelos entrevistados, entre as quais destaca-se a modelagem e simulação computacional, que abrange algumas específicas também citadas, como planejamento de projetos, coleta, análise e tratamento de dados, projeto de experimentos e resolução de problemas. Essas são classificadas como macrocompetências técnicas específicas, de acordo com o Quadro 17, e são objetivos de aprendizagem do componente curricular Simulação.

Quanto à competência de planejamento de projetos, o Entrevistado 3 relembra a aplicação da ferramenta 5W1H para planejamento das atividades.

No que se refere à coleta, tratamento e análise de dados, o Entrevistado 2 observa que “hoje em dia, é muito importante, em uma empresa, essa área de dados. Então, tu saber usar os dados para fazer previsões, por exemplo, é muito útil para os engenheiros.” E relata que para o desenvolvimento do projeto foi preciso “coletar os dados necessários para fazer a análise daquilo que está estudando (sistema produtivo)”. Ainda, os Entrevistados 3 e 4 relacionam essa competência ao uso de tecnologias digitais. Segundo o Entrevistado 3, “(...) foi uma competência que eu desenvolvi com apoio do simulador”.

A competência para resolução de problemas é descrita pelo Entrevistado 3 como “(...) capacidade de lógica, capacidade de modificar, de pensar de uma forma diferente”. De acordo com o Entrevistado 2, a ABP foi o principal fator que influenciou o desenvolvimento dessa competência, justificando que foram desafiados a identificar “um problema e ter que resolver”. Essa contribuição vai ao encontro do que defendem Zabala e Arnau (2020), os quais estabelecem o caráter procedimental das experiências de aprendizagem que buscam o desenvolvimento de competências.

Para o desenvolvimento da competência para resolução de problemas, os entrevistados também relatam o apoio do software de simulação, que permitiu observar o comportamento dos sistemas produtivos e testar alternativas para solução dos problemas, assim como indicado por Massukado e Schalch (2007). Nesse sentido, o projeto de experimentos é indicado pelo Entrevistado 4 como competência desenvolvida, de modo que “podíamos testar adicionar uma máquina, ampliar o turno de trabalho, contratar mais gente”. A relação dessa competência com a simulação computacional pode ser percebida no presente estudo, assim como consta entre os achados apresentados no Estado do Conhecimento.

As competências para aplicação da Teoria das Filas também são citadas pelo Entrevistado 1, relatando que “no projeto a gente usou a Teoria das Filas” para analisar o atendimento de cliente no sistema de produção estudado. Porém, seu aprendizado se expande para outros contextos, conforme esclarece “Não só em atendimento, mas em linha de produção tem filas”, de modo que “essa é uma competência importante, porque muitas vezes a gente vai acabar trabalhando em uma área que precisa disso”.

Competências profissionais, classificadas conforme o Quadro 17, também foram observadas pelos Entrevistados, sendo: comunicação, trabalho em equipe e autonomia para o

aprendizado. O Entrevistado 2 relata que as aulas expositivo-dialogadas foram importantes para que desenvolvesse sua capacidade de comunicação, já que “a gente precisa participar e expor o que a gente acha”, mesma percepção apresentada pelo Entrevistado 4 ao relatar que “foram desenvolvidas competências para discussão dos resultados”. Essas percepções também são apresentadas por Ferraz, Lordelo e Sampaio (2019), os quais relacionam as interações com os colegas com o desenvolvimento da capacidade de comunicação.

No que se refere ao trabalho em equipe, o Entrevistado 3 observa que “é uma coisa que a gente trabalha desde o início da faculdade. E essa atividade em grupo contribuiu em saber dividir as atividades, em trabalhar em grupo.”, o que também se relaciona com a competência de planejamento de projetos. Da mesma forma, o Entrevistado 2 descreve que foi necessário “trabalhar com o colega em um mesmo problema”, contribuindo para o desenvolvimento da referida competência. Essa mesma competência é identificada no Estado do Conhecimento.

Por fim, a autonomia para o aprendizado é observada por dois entrevistados, assim como no Estado do Conhecimento, em que se verifica sua associação com a gestão da aprendizagem. O Entrevistado 1 a relaciona com os estudos extraclasse utilizando os materiais de apoio disponibilizados: “a gente tem que rever tudo que foi dado na aula e por em prática depois. Mas, a gente fazer sozinho é diferente, né?”. Já o Entrevistado 3 entende que o Ensino Remoto Emergencial exigiu maior autonomia dos estudantes, o que incentivou o desenvolvimento dessa competência: “A pandemia exigiu que a gente pusesse em prática a nossa disciplina de estudar em casa. No presencial, tu estás na sala de aula com os colegas e o professor puxando, então, não exige tanta disciplina.”

A seguir, outras percepções sobre o ERE são apresentadas.

5.4.3 Avaliação do Ensino Remoto Emergencial

Dois entrevistados também apresentaram suas percepções sobre o Ensino Remoto Emergencial, sendo esse o contexto em que o presente estudo foi desenvolvido. Entre os desafios, citaram a dificuldade de manter a atenção nas aulas online e o engajamento nas atividades. O Entrevistado 2 afirma que “é difícil a gente ficar focado”. Já entre as oportunidades, tem-se a disponibilidade de materiais de apoio e a facilidade de acessar as aulas. O Entrevistado 3 percebe “essa oportunidade de a gente ter uma aula gravada, de ter esse conteúdo disponível, que antes não

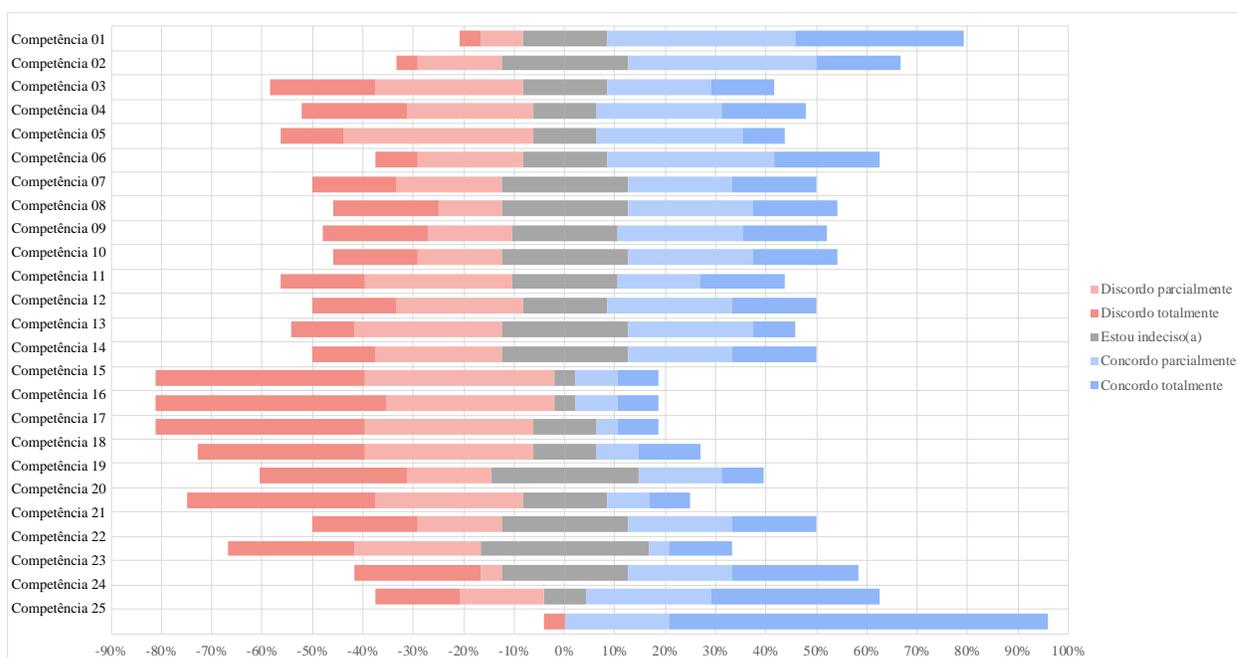
tinha”, e complementa que não enfrentou problemas em “atrasar para chegar na aula por conta do trabalho, e poder assistir (as aulas) online”.

Além dos entrevistados, a autoavaliação de competências também foi utilizada para coleta de dados, conforme descrito na seção seguinte.

5.5 AUTOAVALIAÇÃO DE COMPETÊNCIAS

A autoavaliação de competências tem como objetivo o diagnóstico dos estudantes quanto ao desenvolvimento de competências, de acordo com Sant’anna (2014). Vinte e quatro estudantes preencheram as duas versões do questionário de autoavaliação, pelo qual buscou-se conhecer a percepção dos estudantes quanto ao seu nível de desenvolvimento para cada competência avaliada, conforme descrito na seção anterior. Entre esses, apenas cinco estudantes já tinham tido contato com modelagem e simulação computacional em outras oportunidades além do componente curricular. A seguir apresenta-se o gráfico Likert (Gráfico 9) com as frequências em que cada nível é indicado para cada competência, no início do período letivo. Observa-se que pelo menos 50% dos respondentes indicaram níveis insatisfatórios (níveis 1 e 2) ou não souberam avaliar seu nível de desenvolvimento (nível 3) em 20 das 25 competências, o que demonstra a necessidade de avançar para os níveis 4 e 5, considerados satisfatórios.

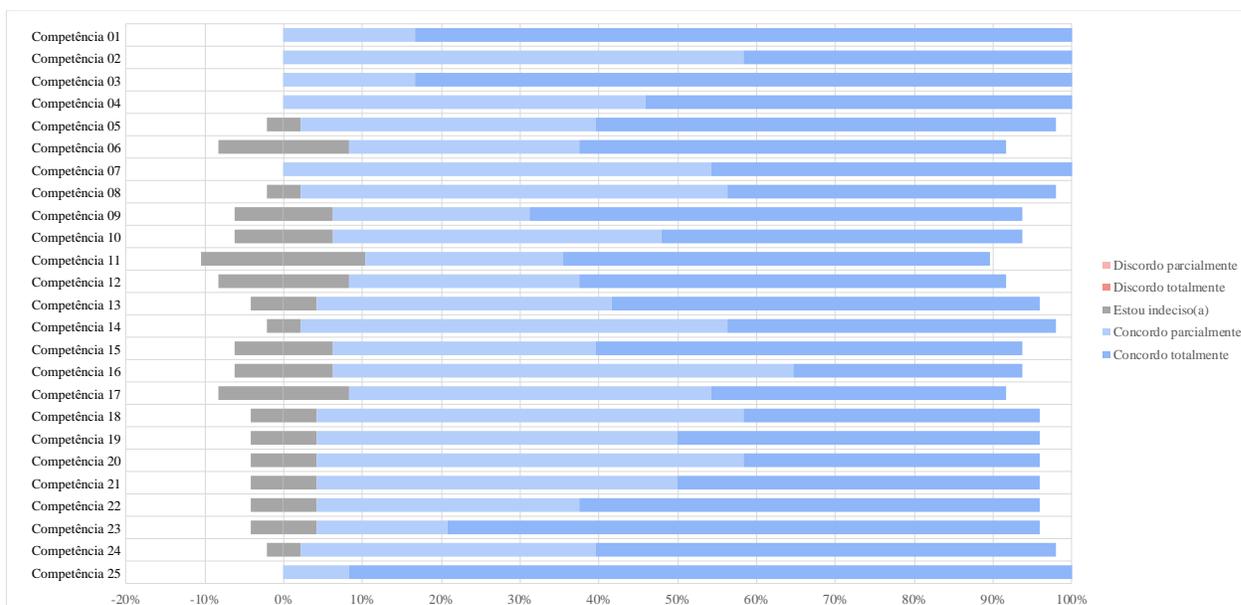
GRÁFICO 9 – RESULTADO DA AUTOAVALIAÇÃO DE COMPETÊNCIAS NO INÍCIO DO PERÍODO LETIVO



Fonte: a autora (2022).

Ao analisar os dados coletados ao final do período letivo, pôde-se observar uma melhora no desempenho dos estudantes, de acordo com a autoavaliação. Conforme o gráfico Likert (Gráfico 10), não há competências classificadas nos níveis 1 e 2, enquanto, em momento anterior, as 25 competências tiveram os níveis 1 ou 2 indicados; e 14 competências foram classificadas no quinto nível por mais de 50% dos respondentes, porém, inicialmente, apenas 1 competência foi classificada no quinto nível por 50% ou mais dos respondentes.

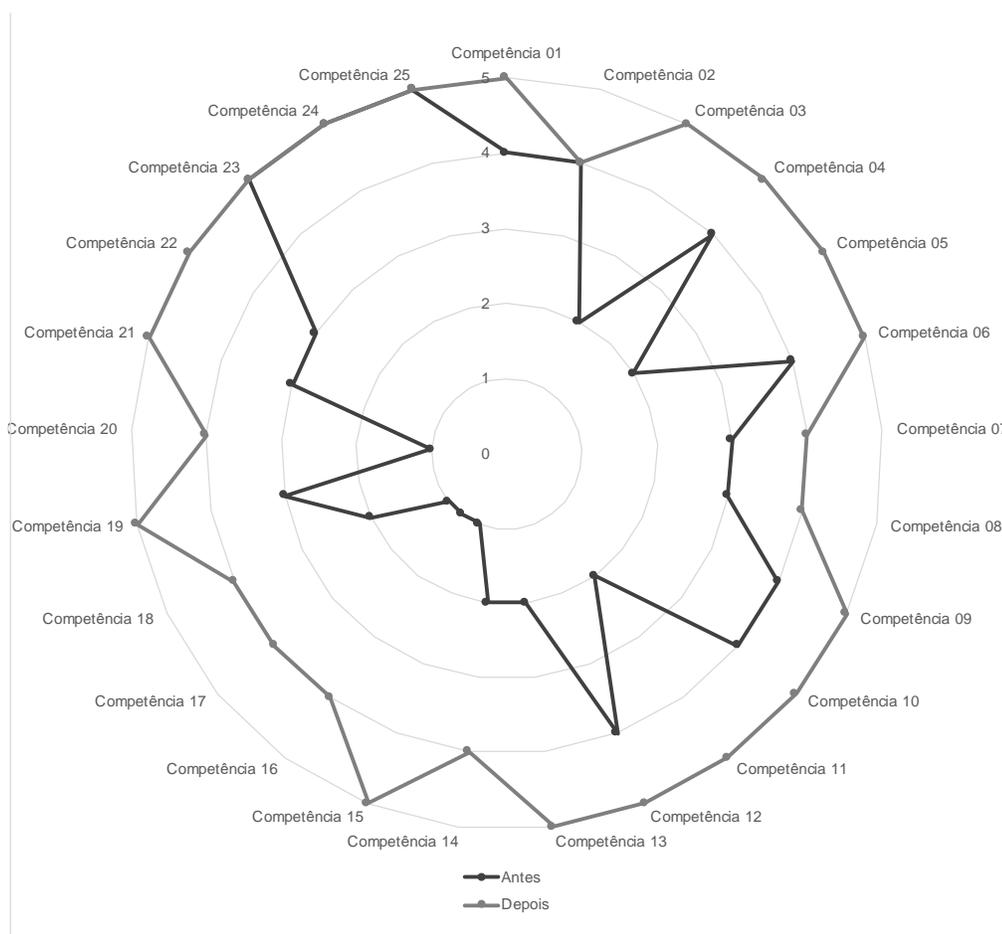
GRÁFICO 10 – RESULTADO DA AUTOAVALIAÇÃO DE COMPETÊNCIAS AO FINAL DO PERÍODO LETIVO



Fonte: a autora (2022).

Para avaliar a distribuição nos níveis para o conjunto de competências, optou-se pelo gráfico de radar com a medida de tendência central moda, conforme Figura 23. É possível observar uma maior heterogeneidade entre as modas dos níveis avaliados para as competências, indicando que os estudantes consideravam ter um bom desempenho para algumas, enquanto para outras o mesmo era insatisfatório. Porém, na avaliação final, observa-se uma maior homogeneidade entre as modas dos níveis das competências avaliadas.

FIGURA 23 – Distribuição dos níveis para o conjunto de competências



Fonte: a autora (2022).

Também se buscou conhecer se houve melhora de desempenho nas competências avaliadas por meio do teste de hipótese não paramétrico Wilcoxon. Considerando 95% de confiança, as probabilidades para os testes (*p-value*) são apresentadas na Quadro 34. Observa-se que apenas para a competência 25 não se pode rejeitar H_0 . Para as demais competências, pressupõe-se que há uma melhora significativa.

QUADRO 34 – p-value do teste Wilcoxon

Competências	<i>p-value</i>
1	0,002
2	0,001
3	<0,001

Competências	<i>p-value</i>
4	<0,001
5	<0,001
6	0,001
7	<0,001
8	<0,001
9	<0,001
10	<0,001
11	<0,001
12	<0,001
13	<0,001
14	<0,001
15	<0,001
16	<0,001
17	<0,001
18	<0,001
19	<0,001
20	<0,001
21	0,001
22	<0,001
23	<0,001
24	0,001
25	0,092

Fonte: a autora (2022).

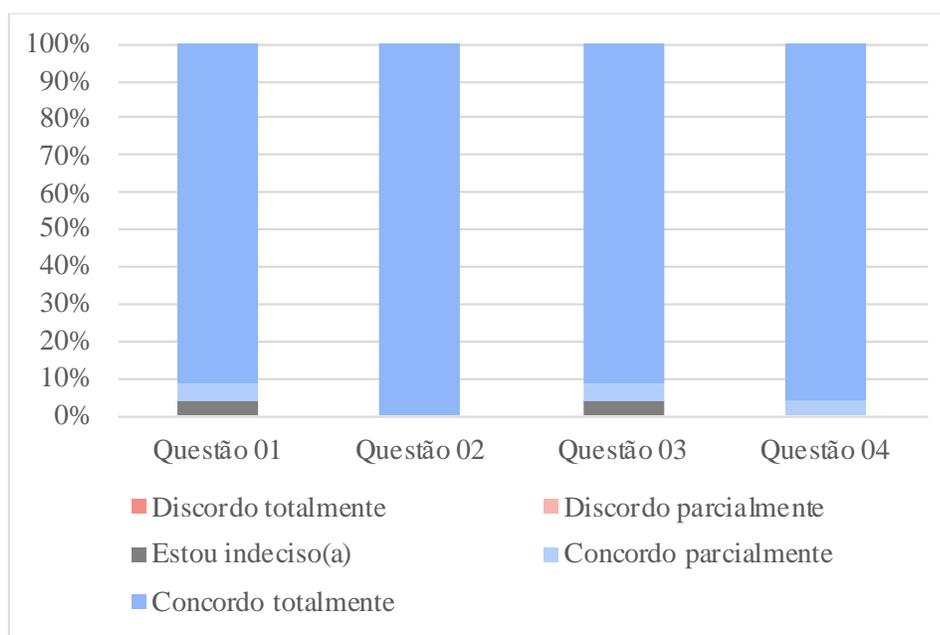
Portanto, diante das informações apresentadas, sugere-se que o modelo de ensino proposto para o desenvolvimento de competências mostrou-se adequado, conforme avaliação dos estudantes quanto às suas competências.

Além das competências, os estudantes avaliaram a experiência de aprendizagem, conforme apresentado na seção seguinte.

5.6 PERCEPÇÕES DOS ESTUDANTES SOBRE A EXPERIÊNCIA DE APRENDIZAGEM

O questionário final de autoavaliação de competências também abrangeu perguntas sobre as contribuições do projeto, das aulas expositivas dialogadas, da simulação computacional e dos exercícios para o desenvolvimento de competências. As respostas são apresentadas no Gráfico 11.

GRÁFICO 11 – Avaliação dos estudantes quanto à experiência de aprendizagem



Fonte: a autora (2022).

Conforme pode ser observado no gráfico de barras, mais de 90% dos respondentes consideram que os aspectos avaliados contribuíram totalmente para o desenvolvimento de competências, sendo que apenas um estudante indicou estar indeciso no que se refere ao projeto e à simulação computacional. De forma a complementar suas respostas, um campo para comentários foi disponibilizado, com opiniões expressas sobre o próprio formulário e a experiência de aprendizagem. Um respondente escreveu que: “achei muito interessante esse questionário, pois me fez pensar nas competências que preciso desenvolver para ser engenheiro”. Observa-se que o instrumento de coleta de dados também oportunizou a reflexão pelo estudante sobre o aprendizado, assim como constataram Estriegana, Merodio e Barchino (2018) e Castedo *et al.* (2019).

Outro estudante registrou que “aplicar de forma prática no trabalho ajudou muito a ter mais confiança nas capacidades, por isso dei muitas respostas positivas no formulário”. Nesse relato pode-se verificar a relação das competências com a mobilização dos conhecimentos para a ação, conforme constatam Silva (2012) e Scallon (2015). Sobre a ABP, um respondente descreve que “Eu achei a metodologia utilizada muito proveitosa, outro ponto de destaque foi o desenvolvimento do trabalho ao longo das semanas.”. Dessa forma, assim como observam Passow e Passow (2017), os projetos contribuem para o desenvolvimento de competências.

Diante dos resultados relatados nessa seção e nas anteriores, a seguir realiza-se a triangulação das evidências.

5.7 TRIANGULAÇÃO DAS EVIDÊNCIAS

Por meio da revisão da literatura e do Estado do Conhecimento constata-se a emergência do tema competências no contexto dos cursos superiores de engenharia, sendo essas profissionais, pessoais, interpessoais e sociais. Para que sejam desenvolvidas, tem-se como alternativa a Aprendizagem Baseada em Projetos associada às tecnologias digitais, considerando a influência dessas na sociedade, especificamente aos simuladores computacionais. A simulação computacional possibilita a experimentação e visualização de conceitos e teorias, o que contribui para a aprendizado dos estudantes.

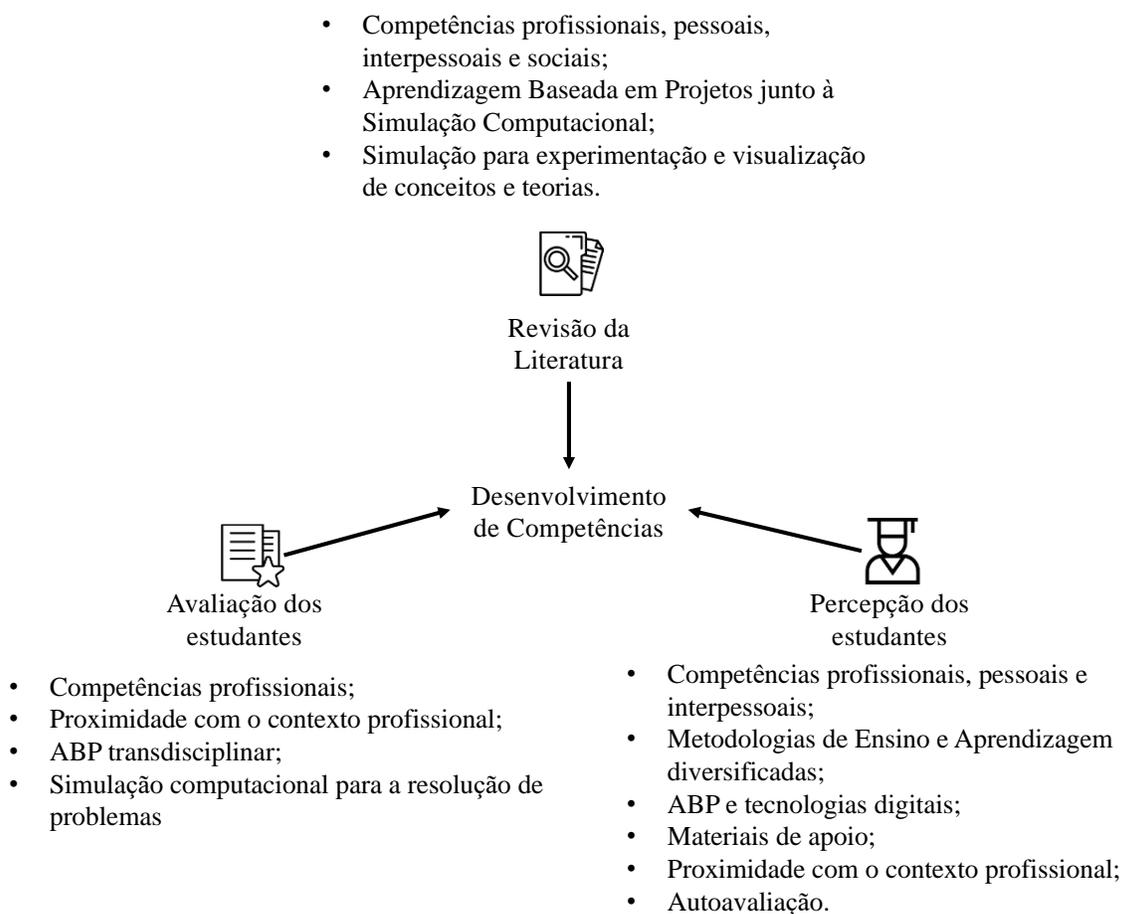
A partir das avaliações dos projetos desenvolvidos pelos estudantes, cujos resultados são registrados em um relatório e avaliados por rubricas, observa-se o desenvolvimento de competências profissionais. Esse desenvolvimento parece estar relacionado a uma abordagem da ABP transdisciplinar, a qual aproxima os estudantes do contexto profissional. Ainda, a simulação computacional também influencia o processo de aprendizagem, uma vez que apoia a resolução de problemas pelos estudantes em um ambiente seguro, já que não interferem no ambiente real.

De forma complementar, a análise das percepções dos estudantes pelas autoavaliações e entrevistas possibilitaram identificar o desenvolvimento de competências pessoais e interpessoais, além das profissionais. Os fatores que influenciam o desenvolvimento das competências também se ampliaram para além da ABP e dos simuladores, demonstrando que diferentes metodologias e tecnologias digitais podem ser combinadas para propiciar uma melhor experiência de

aprendizagem. Ademais, os métodos de avaliação também parecem influenciar o desenvolvimento de competências quando promovem a reflexão e autonomia, assim como os materiais de apoio.

A Figura 29 apresenta os principais achados relatados e suas relações.

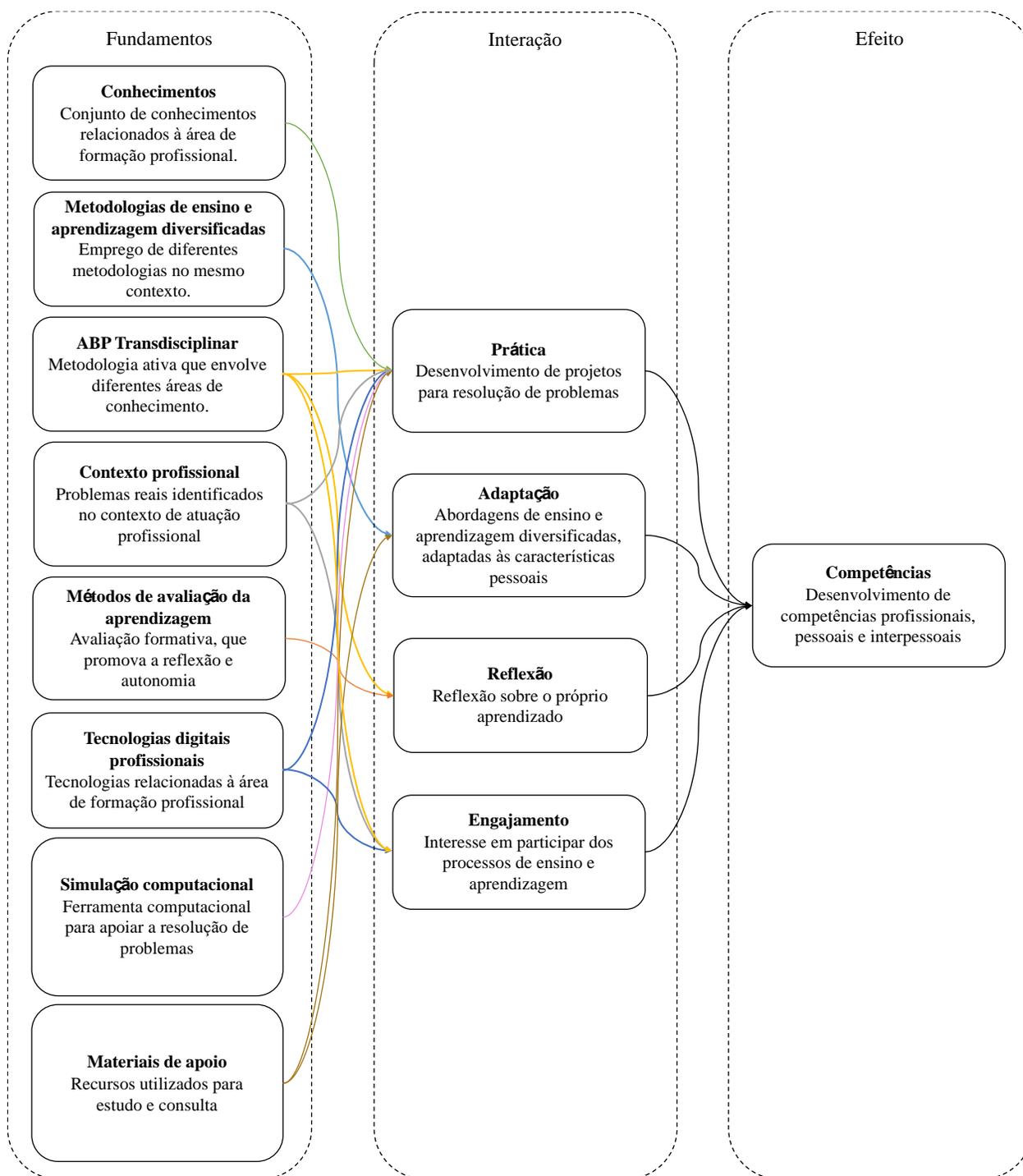
FIGURA 24 – Triangulação de evidências



Fonte: a autora (2022).

Portanto, a experiência de aprendizagem, desenvolvida a partir da literatura e adaptada ao contexto do estudo, teve resultados com efeitos semelhantes aos relatados por outros pesquisadores, quanto às competências desenvolvidas e contribuições das metodologias de ensino e aprendizagem ativas e tecnologias digitais. Adicionalmente, os métodos de avaliação também mostraram influenciar o desenvolvimento de competências pelos estudantes, além de apoiar o planejamento dos processos de ensino e aprendizagem. A Figura 30 apresenta o mapa de conjecturas atualizado.

FIGURA 25 – Mapa de conjecturas final



Fonte: a autora (2022).

Ao interagir com o conhecimento, a ABP transdisciplinar, contexto profissional, tecnologias digitais profissionais, simulação computacional e materiais de apoio, os estudantes desenvolveram projetos reais ao longo do período letivo; as metodologias de ensino e aprendizagem diversificadas e os materiais foram importantes para atender as diferentes características dos estudantes; a ABP transdisciplinar e os métodos de avaliação da aprendizagem incentivaram a reflexão sobre o próprio aprendizado pelos estudantes; e o contato com o contexto profissional e tecnologias específicas da área de atuação influenciaram no engajamento dos estudantes. Já o desenvolvimento dos projetos, a adaptação das abordagens de ensino e aprendizagem, a reflexão sobre o aprendizado e o engajamento resultaram no desenvolvimento de competências pelos estudantes.

Diante dos resultados relatados e discutidos nesse capítulo, no seguinte são apresentadas as Considerações Finais.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A evolução digital vivenciada no século XXI transformou as formas de organização da sociedade, incluindo o âmbito educacional. Essas transformações, associadas aos desafios para o desenvolvimento sustentável da sociedade, repercutem no ensino superior de engenharia, já que há uma demanda por profissionais com competências para atuar de forma multidisciplinar na resolução de problemas e construção de um futuro para o planeta. Dessa forma, tem-se a necessidade de integrar as Instituições de Ensino com as demais organizações da sociedade, nesse estudo representadas pela CNI, ABENGE e ABEPRO. Ainda, em um contexto globalizado, é preciso observar as tendências internacionais para a educação, apresentadas nesse documento pela ONU, UNESCO, MIT e WEF. Também buscou-se conhecer as melhores práticas nacionais e internacionais para o desenvolvimento de competências e incorporação das tecnologias digitais no contexto educacional, as quais são apresentadas nos estados do conhecimento e referencial teórico.

Mesmo com a compreensão de que o ensino de engenharia é afetado pelo contexto atual, ainda prevalece entre os cursos nacionais um modelo de ensino de três séculos atrás, quando surgem os primeiros cursos da área. Trata-se de um modelo baseado na transmissão do conhecimento, que pouco contribui para o desenvolvimento de competências. Reconhecendo esse desafio, as DCNs incentivam o ensino para o desenvolvimento de competências desde sua versão publicada em 2002, mas com maior ênfase na versão recente de 2019, apresentando como alternativas a revisão dos PPCs e a implementação das metodologias de ensino ativas.

Para atender às DCNs, o PPC do curso de Engenharia de Produção da Unipampa foi reformulado com foco no conjunto de competências e perfil esperados dos egressos do curso. As competências foram definidas a partir das DCNs e CONFEA, e relacionadas aos componentes curriculares que compõem o curso, repercutindo em alterações nos métodos de ensino e avaliação da aprendizagem. A partir do novo documento de referência, é preciso repensar as experiências de aprendizagem visando concretizar os objetivos nele estabelecidos, de modo que o desenvolvimento de competências seja efetivamente promovido.

Diante desse contexto, a presente pesquisa teve como motivação a necessidade de implementar as novas DCNs e promover o desenvolvimento de competências pelos estudantes, resultando em um modelo viável que pode ser adaptado a diferentes contextos. Para isso, buscou-se compreender como promover o ensino para o desenvolvimento de competências em um curso

de Engenharia de Produção, tendo como hipóteses as influências das metodologias ativas e tecnologias digitais. Essas mostraram-se verdadeiras ao avaliar os resultados de uma experiência de aprendizagem formulada a partir do modelo TPACK, integrando a ABP e a simulação computacional. Adicionalmente, verificou-se as influências dos métodos de avaliação da aprendizagem, da aproximação com o mundo do trabalho e dos materiais de apoio para estudo.

Inicialmente foram identificados os conteúdos, as metodologias e tecnologias adequadas ao ensino para o desenvolvimento de competências em cursos de Engenharia, por meio do Estado do Conhecimento e revisão da literatura. Diante das demandas do mundo do trabalho e das reformulações dos PPCs dos cursos de engenharia – incentivadas pelas novas DCNs – tem-se um conjunto de competências esperadas dos engenheiros ao final de sua graduação. Conforme apresentado no capítulo 2 desse documento, ao analisar dissertações e teses relacionadas ao tema da pesquisa, identificou-se a oportunidade de pesquisar sobre o desenvolvimento de competências para além das profissionais, contemplando metodologias de avaliação que possibilitassem observar as mesmas. Também, em revisões de artigos nacionais e internacionais, verificou-se os papéis da ABP e das tecnologias digitais, em especial os simuladores computacionais, para atender ao primeiro objetivo específico.

Na sequência, uma experiência de aprendizagem para o desenvolvimento de competências, adequada ao contexto de aplicação, foi projetada. Para atingir esse objetivo específico, o modelo TPACK mostrou-se eficaz, integrando conteúdos, metodologias de ensino e aprendizagem e tecnologias, adequados às necessidades dos estudantes de engenharia que participaram do estudo. Os estudantes foram o foco do planejamento, assim, os resultados de suas avaliações foram essenciais para a adaptação da experiência, de modo a contribuir para o desenvolvimento de competências a apoiar o processo de aprendizagem.

O modelo TPACK em sua concepção busca analisar as competências dos professores quando utilizam tecnologias, metodologias de ensino e aprendizagem e conhecimentos de forma integrada. Já nesse estudo, fez-se o caminho inverso, ou seja, a partir de um conjunto de competências, os elementos citados foram pensados para atender aos objetivos de aprendizagem. Além dessa abordagem diferenciada, demonstra-se a capacidade de o modelo ser aplicado em diferentes contextos e públicos, uma vez que os professores não foram os sujeitos contemplados, mas sim estudantes de engenharia.

Realizou-se a avaliação do desempenho do modelo proposto quanto ao desenvolvimento de competências de forma contínua ao longo da pesquisa, e não só na conclusão da mesma, atendendo ao segundo objetivo específico inicialmente proposto. Para isso, diferentes instrumentos de avaliação foram utilizados, sendo: relatório do projeto, entrevista e autoavaliação. Esperava-se que as avaliações fornecessem informações para a pesquisadora, expectativa que foi atendida, mas também contribuiu para o desenvolvimento de competências pelos estudantes ao incentivar a reflexão sobre o próprio aprendizado.

A reflexão sobre o próprio aprendizado foi incentivada desde o primeiro contato com o componente curricular, quando os estudantes realizaram a autoavaliação de competências. Esse instrumento foi útil para a coleta de dados, mas também facilitou a apresentação dos objetivos de aprendizagem aos estudantes. Na sequência, os retornos das avaliações dos projetos forneceram subsídios para as ações dos estudantes em busca do aprendizado, assim como as atividades práticas dos projetos, uma vez que quando deparavam-se com dificuldades, buscavam alternativas para melhor compreender os conteúdos e aplicá-los. Nesse sentido, a ABP demonstrou contribuir para a avaliação formativa dos estudantes.

A ABP em uma abordagem transdisciplinar também contribuiu para a mobilização de diferentes conhecimentos estudados no decorrer da graduação, e não somente àqueles contemplados na ementa do componente curricular em que o modelo desenvolvido foi aplicado. Dessa forma, verifica-se que cada componente curricular irá contribuir de forma gradativa para o desenvolvimento de um conjunto de competências, desde o início do curso até sua conclusão. Ainda sobre a ABP, foi possível observar o engajamento dos estudantes relacionado ao desenvolvimento de projetos que solucionaram problemas reais, os aproximando do contexto profissional. Esse engajamento também foi motivado pelo uso de tecnologias digitais profissionais, tornando-os mais confiantes em seus usos, conforme observado por meio da autoavaliação de competências realizada no final do período letivo.

Portanto, verifica-se que o objetivo geral foi atendido, de modo que um modelo de ensino para o desenvolvimento de competências para os cursos de Engenharia foi proposto. Para que isso fosse possível, o DBR mostrou-se eficiente, ao apresentar a flexibilidade para desenvolvimento do artefato e a confiabilidade científica necessárias. Inicialmente, a apropriação do conhecimento recomendada pelo método foi essencial para construção da proposta de pesquisa; a seguir, o desenvolvimento do modelo objetivo desse estudo em iterações possibilitou seu aprimoramento,

tendo a participação ativa dos estudantes, para os quais são realizados os processos de ensino e aprendizagem.

O DBR também possibilitou integrar diferentes métodos de análise com abordagens qualitativa e quantitativa. Utilizando o teste de hipótese não paramétrico Wilcoxon, constatou-se diferenças significativas no desenvolvimento de competências avaliadas antes e depois da experiência de aprendizagem. De forma complementar, a ATD e o Estado do Conhecimento auxiliaram na compreensão dos motivos que geraram essas diferenças.

Entre as contribuições teóricas da presente pesquisa, tem-se as evidências das influências das metodologias de ensino e aprendizagem, tecnologias digitais e métodos de avaliação para o desenvolvimento de competências. Também se destaca o método de desdobramento das competências e incorporação nos processos de ensino e aprendizagem. Já entre as contribuições práticas, tem-se uma alternativa para atender às novas DCNs, transformando os princípios apresentados no PPC em práticas pedagógicas. Espera-se que experiências como a apresentada também possam contribuir para a redução dos índices de evasão dos cursos de engenharia na Instituição de Ensino onde o estudo foi realizado.

A pesquisa foi desenvolvida durante a pandemia da COVID-19, que deu origem ao Ensino Remoto Emergencial, sendo um desafio devido ao distanciamento físico de estudantes e professores. Porém, também oportunizou explorar de forma mais abrangente as TICs no contexto educacional, as quais são reconhecidas pelos participantes da pesquisa como influentes no seu aprendizado. Outro desafio foi a quantidade de participantes restrita, condicionada às matrículas no componente curricular Simulação, além do prazo para apresentação dos resultados, já que o novo PPC do curso em questão passa a vigorar a partir de 2023.

Considerando as limitações resultantes dos desafios descritos, sugere-se para trabalhos futuros a ampliação da coleta de dados, além da aplicação do modelo proposto em outros componentes curriculares. Também se observa a oportunidade de investigar se há diferenças entre a aplicação no Ensino Remoto Emergencial e presencial.

REFERÊNCIAS

- ABREU, Valquíria de França; MELO, Felipe Guilherme. Tecnologias Educacionais Utilizadas por Monitores dos Cursos de Engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, São Paulo, v. 39, p. 170-182, 2020. Disponível em: <http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/1636>. Acesso em: 20 mar. 2021.
- ABUGHARBIEH, Khaldoon; MARAR, Hazem. Integrating multiple state-of-the-art computer-aided design tools in microelectronics circuit design classes. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 27, n. 5, p. 1156-67, 2019. Doi: <http://doi.org/10.1002/cae.22143>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85071748698&doi=10.1002%2fcae.22143&origin=inward&txGid=5364db048de2c81fe00f22e5ebe500ef>. Acesso em: 15 abr. 2021.
- ALBERTI, Rafael Alvise; FURTADO, João Carlos; KIPPER, Liane Mahlmann. Simulação como Ferramenta no Ensino de Engenharia: problematização e promoção da vivência em processos produtivos. **Revista de Ensino de Engenharia**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 73-83, 2015. Disponível em: <http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/393>. Acesso em: 20 mar. 2021.
- ALDRICH, Carl. Virtual Worlds, Simulation, and Games for Education: a Unifying View. **Innovate: Journal of Online Education**, Davie, FL, v. 5, n. 5, p. 1-4, jul. 2009. Disponível em: https://nsuworks.nova.edu/innovate/vol5/iss5/1/?utm_source=nsuworks.nova.edu%2Finnovate%2Fvol5%2Fiss5%2F1&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages. Acesso em: 4 ago. 2021.
- ALVES, Israel Ferreira; SCHIMIGUEL, Juliano; ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de. Vantagens do uso de simuladores gráficos no curso de programação em CNC para alunos de Engenharia Mecânica. **Revista de Ensino de Engenharia**, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 31-42, 2013. Disponível em: <http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/148>. Acesso em: 20 mar. 2021.
- ALVES, Flora. **Gamification**: como criar experiências de aprendizagem engajadoras. 2. ed. São Paulo: DVS Editora, 2015.
- ANDERSON, Terry; SHATTUCK, Julie. Design-Based Research: a decade of progress in Education Research? **Educational Researcher**, v. 41, n. 1, p. 16-25, 2012. Doi: <https://doi.org/10.3102/0013189X11428813>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.3102/0013189X11428813>. Acesso em: 4 fev. 2022.
- ARSLAN, Okan; ARSLANTAS, Tugba Kamali; BARAN, Evrim. Integrating Technology into an Engeneering Faculty Teaching Context: examining faculty experiences and student perceptions. **European Journal of Engineering Education**, 2021. Doi: <https://doi-org.ez96.periodicos.capes.gov.br/10.1080/03043797.2021.2011148>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03043797.2021.2011148>. Acesso em: 2 fev. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA (ABENGE). **Publicações ABENGE**. [s.a.]. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/publicacoes.php>. Acesso em: 1º mar. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ABEPRO). **A Profissão**. Rio de Janeiro, [2018]. Disponível em: <http://portal.abepro.org.br/a-profissao/>. Acesso em: 22 jul. 2021.

ASUNDI, Madhu; KANDAKATLA, Rohit; JOSHI, Gopalkrishna. Impact of modelling and simulation in solving complex problems in first year engineering course. **Journal of Engineering Education Transformations**, v. 34, p. 180-185, 2021. Doi: <http://doi-org.10.16920/jeet/2021/v34i0/157132>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85099914335&doi=10.16920%2fjeet%2f2021%2fv34i0%2f157132&origin=inward&txGid=662fba008181a72f7820b4c200c6037e>. Acesso em: 15 abr. 2021.

AUSUBEL, David P. **The Acquisition and Retention of Knowledge: a cognitive view**. Dordrecht: Springer Science and Media, 2000.

BAARTMAN; Liesbeth K. J.; BRUIJN, Elyn de. Integrating Knowledge, Skills and Attitudes: conceptualising learning processo towards vocational competence. **Educational Research Review**, v. 6, n. 2, p. 125-134, 2011. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2011.03.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1747938X11000145>. Acesso em: 12 jan. 2022.

BACICH, Lilian. Formação continuada de professores para o uso de metodologias ativas. *In*: BACICH, Lilian; MORAN, José (org.). **Metodologias Ativas para Uma Educação Inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018. p. 129-152.

BACICH, L.; MORAN, J.; FLORENTINO. E. Educação Híbrida: reflexões para a educação pós pandemia. **Políticas Educacionais em Ação**, n. 14, p. 1-14, abr. 2021. Disponível em: https://ceipe.fgv.br/sites/ceipe.fgv.br/files/artigos/ceipe_politicas_educacionais_em_acao_14_educacao_hibrida.pdf. Acesso em: 19 jan. 2022.

BALADEZ, Fábio. O passado, o presente e o futuro dos simuladores. **Fasci-tech**, São Caetano do Sul, SP, v. 1, n. 1, p. 29-40, ago./dez. 2009. Disponível em: <https://www.fatecsaocaetano.edu.br/fascitech/index.php/fascitech/article/view/4>. Acesso em: 4 ago. 2021.

BALLESTEROS, Miguel A.; DAZA, Miguel A.; VALDÉS, Juan P.; RATKOVICH, Nicolás; REYES, Luis H. Applying PBL methodologies to the chemical engineering courses: Unit operations and modeling and simulation, using a joint course project. **Education for Chemical Engineers**, v. 27, n. 1, p. 35-42, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ece.2019.01.005>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85061316175&doi=10.1016%2fj.ece.2019.01.005&origin=inward&txGid=8ee648c8c06529e96c7730ac72a6b62a>. Acesso em: 15 abr. 2021.

BANNELL, Ralph Ings; DUARTE, Rosália; CARVALHO, Cristina; PISCHETOLA, Magda; MARAFON, Giovanna; CAMPOS, Gilda Helena B. de. **Educação no Século XXI: cognição, tecnologias e aprendizagens**. Rio de Janeiro: Editora PUC, 2016.

BARAB, Sasha. Design-Based Research: a methodological toolkit for Engineering Change. *In*: SAWYER, R. Keith (org.). **The Cambridge Handbook of the Learning Sciences**. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. p. 151-170.

BARRETT, Rainier; GANDHI, Heta A.; NAGANATHAN, Anusha; DANIELS, Danielle; ZHANG, Yang; ONWUNAKA, Chibueze; LUEHMANN, April; WHITE, Andrew D. Social and Tactile Mixed Reality Increases Student Engagement in Undergraduate Lab Activities. **Journal of Chemical Education**, v. 95, n. 10, p. 1755-62, 2018. Doi: <http://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00212>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85052851386&doi=10.1021%2facjchemed.8b00212&origin=inward&txGid=91cf9531fbdc4e3d39ac0028c6585d65>. Acesso em: 15 abr. 2021.

BENDER, William N. **Aprendizagem Baseada em Projetos: educação diferenciada para o século XXI**. Porto Alegre: Penso, 2014.

BENNER, John; McARTHUR, Jenn. Data-driven design as a vehicle for BIM and sustainability education. **Buildings**, v. 9, n. 5, p. 1-21, 2019. Doi: <http://doi.org/10.3390/buildings9050103>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85071696770&doi=10.3390%2fbuildings9050103&origin=inward&txGid=c796a083cfc7804dd23114c33d7c5892>. Acesso em: 15 abr. 2021.

BERGMANN, Jonathan; SAMS, Aaron. **Sala de Aula Invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem**. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

BERKINOVA, Zhazira; YERMUKHAMBETOVA, Assiya; GOLMAN, Boris. Simulation of flow properties of differently shaped particles using the discrete element method. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 29, n. 5, p. 1061-70, 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85094102356&doi=10.1002%2fcae.22359&origin=inward&txGid=4b246fb102e68ca7d03ca3c1b2ab61f6>. Acesso em: 15 abr. 2021.

BOOTH, Wayne C.; COLOMB, Gregory G.; WILLIAMS, Joseph M. **A Arte da Pesquisa**. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2019.

BRAGA, Olivia Ramos Moraes. **Objeto de aprendizagem adaptativo no ensino da lógica booleana**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e Computação) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2015.

BRANCH, Kyle; BUTTERFIELD, Anthony. Analysis of student interactions with browser-based interactive simulations. **Computers in Education Journal**, v. 16, n. 2, 2016. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0->

85052805416&origin=inward&txGid=4c8bea1c86772250827d7f959278e812. Acesso em: 15 abr. 2021.

BRASIL. **Lei nº 11.640**, de 11 de janeiro de 2008. Institui e Fundação Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2005. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/111640.htm. Acesso em: 22 jul. 2021.

BRICKMAN, Arthur D.; PARK, William H. A Dynamic Simulation Laboratory as a Teaching Aid. **Simulation**, v. 2, n. 1, p. 14-16, jan. 1964. Doi: <https://doi.org/10.1177/003754976400200103>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/003754976400200103>. Acesso em: 4 ago. 2021.

BRITO, Matheus Oliveira de; AMERICANO, Marcus Vinicius; PEPE, Iuri Muniz. Planta Didática Termosolar para Estudo em Energia Renovável com Aplicações em: modelagem, simulação e controle. **Revista de Ensino de Engenharia**, São Paulo, v. 38, n. 1, p. 126-139, 2019. Disponível em: <http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/1522>. Acesso em: 20 mar. 2021.

BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION. **Aprendizagem Baseada em Projetos**: guia para professores de ensino fundamental e médio. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

CABERIO, Mikel; ALMUDÍ, José Manuel; FRANCO, Ángel. Design and Application of Interactive Simulations in Problem-Solving in University-Level Physics Education. **Journal of Science Education and Technology**, v. 25, n. 4, p. 590-609, 2016. Doi: <http://doi.org/10.1007/s10956-016-9615-7>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84960409277&doi=10.1007%2fs10956-016-9615-7&origin=inward&txGid=45fcd391ceb5817c981a8a026f7e91c>. Acesso em: 15 abr. 2021.

CARITÁ, Edilson Carlos; LOPES, Carmem Silvia Gonçalves; SILVA, Silvia Sidnéia da; LEHFELD, Neide Aparecida de Souza. Avaliação da aprendizagem por meio de rubrica em um curso de Engenharia de Produção. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 9, p. 14911-921, set. 2019. Doi: <https://doi.org/10.34117/bjdv5n9-089>. Disponível em: <https://brazilianjournals.com/ojs/index.php/BRJD/article/view/3184>. Acesso em: 12 jan. 2022.

CARNEIRO, Leonardo de Andrade; ARAÚJO, Humberto X. de; PRATA, David Nadler; BARBOSA, Gentil Veloso. Ferramentas Digitais de Aprendizagem: uma revisão da literatura. **Revista Humanidades e Inovação**, Palmas, v. 7, n. 9, p. 214-221, jun. 2020. Disponível em: <https://revista.unitins.br/index.php/humanidadeseinovacao/article/view/2028>. Acesso em: 5 jan. 2022.

CARNEIRO, Antônio Sávio Teixeira. **Relação empresa/instituição**: um estudo sobre o estágio supervisionado obrigatório desenvolvido no curso de engenharia de produção da Universidade Federal de Juiz de Fora. 2017. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Avaliação da Educação Pública) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2017.

CASTEDO, Ricardo; LÓPEZ, Lina M.; CHIQUITO, María; NAVARRO, Juan; CABRERA, José D.; ORTEGA, Marcelo F. Flipped classroom – comparative case study in engineering higher education. **Computer Applications in Engineering Education**, Honolulu, HI, v. 27, n. 1, p. 49-64, jan. 2019. Doi: <https://doi.org/10.1002/cae.22069>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cae.22069>. Acesso em: 22 jul. 2021.

CASTELAN, Jovani; MILANEZ, Alexandre; FRITZEN, Daniel. Aprendizagem em Engenharia Utilizando Métodos Analíticos e Numéricos. **Revista de Ensino de Engenharia**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 37-43, 2016. Disponível em: <http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/494>. Acesso em: 20 mar. 2021.

CASTELLS, Manuel. **A Sociedade em Rede**. 6. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2013.

CHANDRASEKARAN, Jeyamala; ANITHA, D.; PANDEESWARI, S. Thiruchadai. Enhancing student learning and engagement in the course on computer networks. **Journal of Engineering Education Transformations**, v. 34, p. 454-463, 2021. Doi: <http://doi.org/10.16920/jeet/2021/v34i0/157195>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85099740821&doi=10.16920%2fjeet%2f2021%2fv34i0%2f157195&origin=inward&txGid=e02bef65d9c2bc11b1e8067ba36a73a2>. Acesso em: 15 abr. 2021.

CHEN, Ganxin; HE, Yuexia; YANG, Tongguang. An ISMP Approach for Promoting Design Innovation Capability and Its Interaction with Personal Characters. **IEEE Access**, v. 8, n. 1, p. 161304-316, 2020. Doi: <http://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3019290>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85091284470&doi=10.1109%2fACCESS.2020.3019290&origin=inward&txGid=fe70ca1b420f58d1daafe8dc492c0904>. Acesso em: 15 abr. 2021.

CHENG, Hongtai; HAO, Lina; LUO, Zhong; WANG, Fei. Establishing the Connection between Control Theory Education and Application: An Arduino Based Rapid Control Prototyping Approach. **International Journal of Learning**, v. 2, n. 1, p. 67-72, 2016. Doi: <http://doi.org/10.18178/ijlt.2.1.67-72>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85062890101&doi=10.18178%2fijlt.2.1.67-72&origin=inward&txGid=534a90d4b42b1c6f66e21150e1c9ac54>. Acesso em: 15 abr. 2021.

CHERNIKOVA, Olga; HEITZMANN, Nicole; STADLER, Matthias; HOLZBERGER, Doris; SEIDEL, Tina; FISCHER, Frank. Simulation-Based Learning in Higher Education: a Meta-Analysis. **Review of Educational Research**, v. 20, n. 10, 2020. Doi: <https://doi.org/10.3102/0034654320933544>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.3102/0034654320933544>. Acesso em: 2 ago. 2021.

CHWIF, Leonardo; MEDINA, Afonso C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: teoria e aplicações**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

CLARK, Renee M.; DICKERSON, Samuel J. Assessing the impact of reflective activities in digital and analog electronics courses. **IEEE Transactions on Education**, v. 62, n. 2, p. 141-

148, 2019. Doi: <http://doi.org/10.1109/TE.2018.2885720>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85059035955&doi=10.1109%2fTE.2018.2885720&origin=inward&txGid=74ff5705f451056f2ec1f4e6bd7e6cbe>. Acesso em: 15 abr. 2021.

COOPER, Jeffrey B.; TAQUETI, Viviany R. A brief history of the development of mannequin simulators for clinical education and training. **BJM Quality & Safety**, v. 13, n. 2, p. 11-18, 2004. Doi: <https://doi.org/10.1136/qshc.2004.009886>. Disponível em: <https://pmj.bmj.com/content/84/997/563>. Acesso em: 4 ago. 2021.

COX, Victoria. **Translating Statistics to Make Decisions: a guide for the non-statistician**. Salisbury: Apress, 2017.

CNI - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS. **Documento de apoio à implementação das DCNs do curso de graduação em Engenharia**. Brasília: CNI, 2020. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/file/DocumentoApoioImplantacaoDCNs.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2022.

CNI - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS. **O Futuro da Formação em Engenharia: uma articulação entre as demandas empresariais e as boas práticas das Universidades**. Brasília: CNI, 2021. Disponível em: http://www.abenge.org.br/file/livro_o_futuro_da_formacao_em_engenharia.pdf. Acesso em: 10 jan. 2022.

CRESWELL, John W. **Projeto de Pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e mistos**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

CRUZ, Mariana Leandro; SAUNDERS-SMITS, Gillian N.; GROEN, Pin. Evaluation of competency methods in engineering education: a systematic review. **European Journal of Engineering Education**, v. 45, n. 5, p. 729-757, set. 2019. Doi: <https://doi.org/10.1080/03043797.2019.1671810>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03043797.2019.1671810>. Acesso em: 10 jan. 2022.

DEMING, W. Edwards. **Qualidade: a revolução da administração**. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.

ELMÔR FILHO, Gabriel; SAUER, Laurete Zanol; ALMEIDA, Nival Nunes de Almeida; VILLAS-BOAS, Valquíria. **Uma Nova Sala de Aula é Possível: aprendizagem ativa na educação em engenharia**. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

EPPEL, Tom A.; MILANOVIC, Ivana; JAMSHIDI, Reihaneh; SHETTY, Devdas. Engineering Curriculum in Support of Industry 4.0. **International Journal of Online and Biomedical Engineering**, v. 17, n. 1, p. 4-16, 2021. Doi: <https://doi.org/10.3991/ijoe.v17i01.17937>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85100624416&doi=10.3991%2fijoe.v17i01.17937&origin=inward&txGid=342bfe2c46b1923913b1767af0fea562>. Acesso em: 15 abr. 2021.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. **Modeling and Simulation Body of Knowledge (BOK)**. Alexandria: Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América, 2008. Disponível em: https://www.msco.mil/DocumentLibrary/MSReferences/MSEducation/_25_MSBOk20101022DistA.pdf. Acesso em: 2 ago. 2021.

ESTRIEGANA, Rosa; MERODIO; José Amelio Medina; BARCHINO, Roberto. Analysis of Competence Acquisition in a Flipped Classroom Approach. **Computer Applications in Engineering Education**, Honolulu, HI, v. 27, n. 1, p. 49-64, jan. 2018. Doi: <https://doi.org/10.1002/cae.22056>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cae.22056>. Acesso em: 22 jul. 2021.

FANG, N.; GUO, Y. Interactive computer simulation and animation for improving student learning of particle kinetics. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 32, n. 5, p. 443-455, 2016. Doi: <http://doi.org/10.1111/jcal.12145>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84963864098&doi=10.1111%2fjcal.12145&origin=inward&txGid=bba64d642b0888a5d91e2d9c2f25eadf>. Acesso em: 15 abr. 2021.

FAVA, Rui. **Trabalho, Educação e Inteligência Artificial: a era do indivíduo versátil**. Porto Alegre: Penso, 2018.

FEITOSA, Edileia Bezerra. **A importância da formação profissional complementar de discentes do ensino superior como subsídio à inserção no mercado de trabalho**. 2018. Dissertação (Mestrado Profissional em Administração) – Fundação Edson Queiroz Universidade de Fortaleza, Fortaleza, 2018.

FELÍCIO, Aline Cazarini. **Modelo para avaliação de competências de estudantes de engenharia em fóruns on-line**. 2019. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Guaratinguetá, 2019.

FERRAZ, Tatiana G. de Almeida; LORDELO, Sayonara Nobre de Brito; SAMPAIO, Renelson Ribeiro. Avaliação dos Estudante: o que muda e como se adequar às novas diretrizes? *In*: OLIVEIRA, Vanderli Fava de. (org.) **A Engenharia e as Novas DCNs**. Rio de Janeiro: LTC, 2019, p. 198-218.

FERREIRA, Márcia das Neves. **O papel do estágio curricular supervisionado: um estudo de caso dos cursos de Engenharia de produção do CEFET/RJ**. 2016. Dissertação (Mestrado Profissional de Sistemas de Gestão) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2016.

FILATRO, Andrea; CAVALCANTI, Carolina Costa. **Metodologias Inov-ativas na Educação Presencial, a Distância e Corporativa**. São Paulo: Saraiva Educação, 2018.

FREGOLENTE, Leonardo; VENTURELLI, Henrique; RODRIGUES, Jorge; DA SILVA, Erik; DINIZ, Iuri; MARIA, Regina Wolf Maciel. Project-based learning applied to distillation and absorption education: Integration between industry and a chemical engineering undergraduate course. **Chemical Engineering Transactions**, v. 69, p. 427-432, 2018. Doi:

<http://doi.org/10.3303/CET1869072>. Disponível em:
<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85054704738&doi=10.3303%2fCET1869072&origin=inward&txGid=fc349f82d3c4855c42fe03a76a246a44>. Acesso em: 15 abr. 2021.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia**: saberes necessários à prática educativa. 48 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2014.

GAMA, Sinval Zaidan. **New Profile for an Electric Engineer in the Beginning of the 21st Century**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

GARBIN, Fernanda Gobbi de Boer; KAMPPFF, Adriana Justin Cerveira. O ensino e a aprendizagem de competências nos cursos superiores de engenharia. **Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, v. 7, p. e143021, 2021a. Doi: <https://doi.org/10.31417/educitec.v7.1430>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/352800741_O_Ensino_e_a_Aprendizagem_de_Competicencias_nos_Cursos_Superiores_de_Engenharia_focos_das_pesquisas_entre_os_anos_2001_e_2020. Acesso em: 6 fev. 2022.

GARBIN, Fernanda Gobbi de Boer; KAMPPFF, Adriana Justin Cerveira. Uso da Simulação para o Ensino de Engenharia: aplicações em cursos de graduação brasileiros. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 49., 2021b, Belo Horizonte. **Anais**. Belo Horizonte. [não paginado]. Disponível em: http://www.abenge.org.br/sis_artigo_doi.php?e=COBENGE&a=21&c=3568. Acesso em: 6 fev. 2022.

GARCIA-ALVAREZ, Maria Teresa; VARELA-CANDAMIO, Laura; MOROLLÓN, Fernando Rubiera. Simulation in software engineering education: A system dynamics proposal. **International Journal of Engineering Education**, v. 32, n. 4, p. 1611-17, 2016. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84992727770&origin=inward&txGid=ea46d39e2091db7200a8a239f9f5ab31>. Acesso em: 15 abr. 2021.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 6. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2017.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. Rio de Janeiro: Atlas, 2019.

GOLDBERG, D. E.; SOMMERVILLE, M. **A Whole New Engineer**. Douglas: ThreeJoy Associates, 2014.

GOLMAN, Boris; YERMUKHAMBETOVA, Assiya. An Excel VBA-based educational module for simulation and energy optimization of spray drying process. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 27, n. 5, p. 1103-12, 2019. Doi: <http://doi.org/10.1002/cae.22139>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85070666047&doi=10.1002%2fcae.22139&origin=inward&txGid=21df1d76f4104d2e0e7b8c57f21d8939>. Acesso em: 15 abr. 2021.

GRAHAM, Ruth. **The Global State of the Art in Engineering Education**. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2018. Disponível em: <https://jwel.mit.edu/assets/document/global-state-art-engineering-education>. Acesso em: 4 fev. 2022.

GRÜNE-YANOFF, Till; WEIRICH, Paul. The Philosophy and Epistemology of Simulation: a review. **Simulation and Game**, v. 41, n. 1, p. 20-50, 2010. Doi: <https://doi.org/10.1177/1046878109353470>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1046878109353470>. Acesso em: 2 ago. 2021.

GUO, Pengyue; SAAB, Nadira; POST, Lysanne S.; ADMIRAAL, Wilfried. A review of project-based learning in higher education: Student outcomes and measures. **International Journal of Education Research**, v. 102, p. 1-13, maio 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101586>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0883035519325704>. Acesso em: 19 ago. 2021.

HABIB, Emad; DESHOTEL, Matthew; LAI, Guolin; MILLER, Robert. Student perceptions of an active learning module to enhance data and modeling skills in undergraduate water resources engineering education. **International Journal of Engineering Education**, v. 35, n. 5, p. 1353-65, 2019. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85078493524&origin=inward&txGid=bd4fea379314d021b9fc697cbb08685c>. Acesso em: 15 abr. 2021.

HARREL, Charles R.; MOTT, Jack R. A.; BATEMAN, Robert E.; BOWDEN, Royce G.; GOGG, Thomas J. **Simulação: otimizando os sistemas**. 2. ed. São Paulo: Instituto IMAM, 2002.

HARRIS, Judith; MISHRA, Punya; KOEHLER, Matthew. Teachers' Technological Pedagogical Content Knowledge and Learning Activity Types. **Journal of Research on Technology in Education**, v. 41, n. 4, p. 393-416, 2009. Doi: <https://doi.org/10.1080/15391523.2009.10782536>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15391523.2009.10782536>. Acesso em: 2 fev. 2022.

HENRI, Maria; JOHNSON, Michael D.; NEPAL, Bimal. A Review of Competency-Based Learning: tools, assessments, and recommendatins. **Journal of Engineering Education**, v. 106, n. 4, p. 607-638, out. 2017. Doi: <https://doi.org/10.1002/jee.20180>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jee.20180>. Acesso em: 10 jan. 2022.

HORI, Clara Yoshiko. **Descrivendo a (in)coerência entre consciência e práticas ambientais sustentáveis: um estudo com alunos de engenharia ambiental**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2010.

HU, Mengying; JI, Junpeng; DUAN, Jiandong; WANG, Qian. Distributed wind power virtual simulation experiment system for cultivating the ability to solve complex engineering problems. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 29, n. 6, p. 1441-52, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1002/cae.22396>. Disponível em:

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85101055735&doi=10.1002%2fcae.22396&origin=inward&txGid=6621960877be544b6752b9a945f33541>. Acesso em: 15 abr. 2021.

HUIJUAN, Liu; ZHENYANG, Zhang; TENGFEI, Song. Case study of enquiry-based learning designed for rotating magnetic fields in electric machinery course. **International Journal of Electrical Engineering and Education**, v. 54, n. 4, p. 341-353, 2017. Doi: <http://doi.org/10.1177/0020720917694653>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85029769944&doi=10.1177%2f0020720917694653&origin=inward&txGid=54de033198125f2077eb6b07f74ef981>. Acesso em: 15 abr. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). **Instrumento de Avaliação de Cursos de Graduação Presencial e a Distância**. Brasília: INEP/MEC, 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). **Resumo Técnico do Censo da Educação Superior 2019**. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2021. Disponível em: https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/estatisticas_e_indicadores/resumo_tecnico_o_censo_da_educacao_superior_2019.pdf. Acesso em: 22 jul. 2021.

IRWANTO, Irwanto. Research Trends in Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK): a systematic literature review from 2010 to 2021. **European Journal of Educational Research**, v. 10, n. 4, p. 2045-54, 2021. Doi: <https://doi.org/10.12973/eu-jer.10.4.2045>. Disponível em: https://pdf.eu-jer.com/EU-JER_10_4_2045.pdf. Acesso em: 2 fev. 2022.

JIN, Ruoyu; YANG, Tong; PIROOZFAR, Poorang; KANG, Byung-Gyoo; WANATOWSKI, Dariusz; HANCOCK, Craig Matthew; TANG, Llewellyn. Project-based pedagogy in interdisciplinary building design adopting BIM. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 25, n. 10, p. 1376-97, 2018. Doi: <http://doi.org/10.1108/ECAM-07-2017-0119>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85047746786&doi=10.1108%2fECAM-07-2017-0119&origin=inward&txGid=b59ba711a17a7e67d32d34c1fe2b4ee5>. Acesso em: 15 abr. 2021.

JURAN, Joseph M.; GODFREY, A. **Blanton**. Juran's Quality Handbook. 5. ed. McGraw-Hill Professional. Nova York: McGraw Hill, 1998 [1951].

KAMPPFF, Adriana Justin Cerveira. **Tecnologia da Informação e Comunicação na Educação**. Curitiba: IESDE Brasil, 2012.

KENNEDY-CLARK, Shannon. Research by Design: Design-Based Research and the Higher Degree Research student. **Journal of Learning Design**, Brisbane, v. 8, n. 3, p. 26-32, 2013. Doi: <http://dx.doi.org/10.5204/jld.v6i2.128>. Disponível em: <https://www.jld.edu.au/article/view/128.html>. Acesso em 10 out. 2022.

KERN, Mauro; SAGAZIO, Gianna; LOURENÇÃO, Paulo; PEREIRA, Suely; MIRANDA, Zil; LOPES, Afonso. A mobilização empresarial pela inovação (MEI) e a defesa pela modernização do ensino de Engenharia. *In: OLIVEIRA, Vanderli Fava de (org.). A Engenharia e as Novas DCNs*. Rio de Janeiro: LTC, 2019. p. 198-218.

KOLIMAS, Lukasz; LAPCZYNSKI, Sebastian; SZULBORSKI, Michael. Tulip contacts: Experimental studies of electrical contacts in dynamic layout with the use of FEM software. **International Journal of Electrical Engineering Education**, p. 1-20, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1177/0020720919891069>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85077364584&doi=10.1177%2f0020720919891069&origin=inward&txGid=080787e1e1951d5f1622a038d4106d1e>. Acesso em: 15 abr. 2021.

KORETSKY, Milo D.; MAGANA, Alejandra J. Using Technology to Enhance and Engagement in Engineering. **Advances in Engineering Education**, 2019. Disponível em: <https://advances.asee.org/wp-content/uploads/vol07/issue02/papers/AEE-issue-24-EE-EAGER-Milo-Ali.pdf>. Acesso em: 4 fev. 2022.

KORKMAZ, Nimet Dahasert; OZTURK, Ismail; KILIC, Recai. Modeling, simulation, and implementation issues of CPGs for neuromorphic engineering applications. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 26, n. 4, p. 782-803, 2018. Doi: <http://doi.org/10.1002/cae.21972>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85050385135&doi=10.1002%2fcae.21972&origin=inward&txGid=822a926d0235adad4baf01cf4c81147f>. Acesso em: 15 abr. 2021.

LAGE JÚNIOR, Murís; AMIN, Maria Laura. Conceito de Planejamento e Controle da Produção (PCP): ensino por meio da simulação. **Revista de Ensino de Engenharia**, São Paulo, v. 38, n. 3, p. 16-27, 2019. Disponível em: <http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/1538>. Acesso em: 20 mar. 2021.

LARRIBA, Marcos; RODRÍGUEZ-LLORENTE, Diego; CAÑADA-BARCALA, Andrés; SANZ-SANTOS, Eva; GUTIÉRREZ-SÁNCHEZ, Pablo; PASCUAL-MUÑOZ, Gonzalo; ÁLVAREZ-TORRELLAS, Silvia; ÁGUEDA, V. Ismael; DELGADO, José A.; GARCÍA, Juan. Lab at home: 3D printed and low-cost experiments for thermal engineering and separation processes in COVID-19 time. **Education for Chemical Engineers**, v. 36, n. 1, p. 24-37, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ece.2021.02.001>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85100629078&doi=10.1016%2fj.ece.2021.02.001&origin=inward&txGid=8f64865bc2b914556e8bfc1110f27d2e>. Acesso em: 15 abr. 2021.

LE BOTERF, Guy. **Desenvolvendo a Competência dos Profissionais**. 3. ed. Porto Alegre: Penso, 2003.

LEE, Chen Kang; SIDHU, Manjit Singh. The potential of technology assisted engineering problem solving tool for engineering education. **Advanced Science Letters**, v. 22, n. 10, p. 3092-95, 2016. Doi: <http://doi.org/10.1166/asl.2016.7998>. Disponível em:

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85009104605&doi=10.1166%2fasl.2016.7998&origin=inward&txGid=c4f1486eefea3babff6a6ea12e851f9>. Acesso em: 15 abr. 2021.

LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. 3. ed. São Paulo: Editora 34, 2010.

LI, Jinping; LI, Yongxiang; BAO; Huihuang; YU, Cong; GUO, Haixia. An empirical study of the virtual simulation system teaching method in NC machining. **International Journal of Technology and Human Interaction**, v. 16, n. 3, p. 109-123, 2020. Doi: <http://doi.org/10.4018/IJTHI.2020070107>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85083586236&doi=10.4018%2fIJTHI.2020070107&origin=inward&txGid=8105d1c7aca729941958571d0fb3dda8>. Acesso em: 15 abr. 2021.

LI, Xianhua; HUANG, Zuyi Jacky. An inverted classroom approach to educate MATLAB in chemical process control. **Education for Chemical Engineers**, v. 19, n. 1, p. 1-12, 2017. Doi: <http://doi.org/10.1016/j.ece.2016.08.001>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84992727026&doi=10.1016%2fj.ece.2016.08.001&origin=inward&txGid=84f1bb9af466be574b797c95b2f33f82>. Acesso em: 15 abr. 2021.

LI, Xueyi; WEI, Junying; DING, Shuhui; WANG, Quanwei. Teaching mode of mechanical design course based on simulation analysis technology. **International Journal of Emerging Technologies in Learning**, v. 12, n. 7, p. 112-123, 2017. Doi: <http://doi.org/10.3991/ijet.v12i07.7221>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85022344985&doi=10.3991%2fijet.v12i07.7221&origin=inward&txGid=bd0a6b9aaad546657349d40125b1695b>. Acesso em: 15 abr. 2021.

LI, Yongxiang; ZHANG, Dan; GUO, Haixia; SHEN, Jiayi. A novel virtual simulation teaching system for numerically controlled machining. **International Journal of Mechanical Engineering Education**, v. 46, n. 1, p. 64-82, 2018. Doi: <http://doi.org/10.1177/0306419017715426>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85048798003&doi=10.1177%2f0306419017715426&origin=inward&txGid=a5d54ee724a8e9c89aa7f626a77b48b1>. Acesso em: 15 abr. 2021.

LIMA, Natércia; VIEGAS, Clara; GARCÍA-PEÑALVOL, Francisco José. Different Didactical Approaches Using a Remote Lab: Identification of Impact Factors. **Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje**, v. 14, n. 3, p. 76-86, 2019. Doi: <http://doi.org/10.1109/RITA.2019.2942256>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85074508445&doi=10.1109%2fRITA.2019.2942256&origin=inward&txGid=50830aff367991f8accbc7e96ddd4da4>. Acesso em: 15 abr. 2021.

LIMA, Valderez Marina do Rosário. Universalidades e Singularidades Presentes no Método de Análise Textual Discursiva. *In*: LIMA, Valderez Marina do Rosário; RAMOS, Maurivan

Güntzel; PAULA, Marlúbia Corrêa (orgs.). **Métodos de Análise em Pesquisa Qualitativa: releituras atuais**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2019. p. 23-32.

LIU, Yucheng; WHITAKER, Silas; HAYES, Connor; LOGSDON, Jared; McAFEE, Logan; PARKER, Riley. Establishment of an experimental-computational framework for promoting Project-based learning for vibrations and controls education. **International Journal of Mechanical Engineering Education**, v. 50, n. 1, p. 158-175, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1177/0306419020950250>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85089484676&doi=10.1177%2f0306419020950250&origin=inward&txGid=8c3812dc945053fd167d5ab4971a32c9>. Acesso em: 15 abr. 2021.

LOUREIRO, Solange Maria. **Competências para a sustentabilidade/desenvolvimento sustentável: um modelo para a educação em engenharia no Brasil**. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

LUCKESI, Cipriano Carlos. **Avaliação em Educação: questões epistemológicas e práticas**. São Paulo: Cortez, 2018.

LÜDKE, Menga. ANDRÉ, Marli E.D.A. **A Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. 2. ed. Rio de Janeiro: E.P.U., 2013.

MAGANA, Alejandra J.; BROPHY, Sean, P.; BODNER, George M. Student Views of Engineering Professors Technological Pedagogical Content Knowledge for Integrating Computational Simulation Tools in Nanoscale Science and Engineering. **International Journal of Engineering Education**, v. 28, n. 5, p. 1033-45, jun. 2012. Disponível em: <https://www.ijee.ie>. Acesso em: 4 ago. 2021.

MAGANA, Alejandra J.; BALACHANDRAN, Sashana. Students' Development of Representational Competence Through the Sense of Touch. **Journal of Science Education and Technology**, v. 26, n. 3, p. 332-346, 2017. Doi: <http://doi.org/10.1007/s10956-016-9682-9>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85010782752&doi=10.1007%2fs10956-016-9682-9&origin=inward&txGid=98ac41377c46f217c2631826d50579b9>. Acesso em: 15 abr. 2021.

MAGANA, Alejandra J.; FALK, Michael L.; VIEIRA, Camilo; REESE JR. Michael J.; ALABI, Oluwatosin; PATINET, Sylvain. Affordances and Challenges of Computational Tools for Supporting Modeling and Simulations Practices. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 25, n. 3, p. 352-375, maio 2017. Doi: <https://doi.org/10.1002/cae.21804>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cae.21804>. Acesso em: 5 ago. 2021.

MAGANA, Alejandra J. Modeling and Simulation in Engineering Education: a learning progression. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**, v. 143, n. 4, out. 2017. Doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000338](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000338). Disponível em: [https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000338](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000338). Acesso em: 4 ago. 2021.

MAGANA, Alejandra J.; JONG, Ton de. Modeling and Simulation Practices in Engineering Education. **Computer Applications in Engineering Education**, Honolulu, HI, v. 26, n. 4, p. 731-738, jun. 2018. Doi: <https://doi.org/10.1002/cae.21980>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cae.21980>. Acesso em: 22 jul. 2021.

MANCIO, Marcelo Gaio. **Educação empreendedora no ensino superior**: proposta de um programa adequado ao contexto brasileiro. 2018. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2018.

MARCHETI, Ana Paula do Carmo. Rubricas: um importante instrumento para correção de desempenho discente. **Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar**, Mossoró, v. 6, n. 16, p. 58-76, 2020. Doi: <http://dx.doi.org/10.21920/recei720206165876>. Disponível em: <http://natal.uern.br/periodicos/index.php/RECEI/article/view/1607>. Acesso em: 12 jan. 2022

MARIA, Anu. Introduction to Modeling and Simulation. In: CONFERENCE ON WINTER SIMULATION, 29., 1997, Atlanta. **Anais da Conference on Winter Simulation**, Atlanta, 1997. p. 7-13. Disponível em: <https://informs-sim.org/wsc97papers/prog97sim.html>. Acesso em: 2 ago. 2021.

MARIN, Loreto; VARGAS, Hector; HERADIO, Ruben; LA TORRE, Luis de; DIAZ, Jose Manuel; DORMIDO, Sebastian. Evidence-based control engineering education: Evaluating the LCSD simulation tool. **IEEE Access**, v. 8, n. 1, p. 170183-194, 2020. Doi: <http://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3023910>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85093933959&doi=10.1109%2fACCESS.2020.3023910&origin=inward&txGid=ab577216a19a2eb928f5f3f7f2369ae7>. Acesso em: 15 abr. 2021.

MARTINS, Isabel Cristina dos Santos; LIMA, Valdevez Marina do Rosário. Análise Textual Discursiva em Movimento. In: LIMA, Valdevez Marina do Rosário; RAMOS, Maurivan Güntzel; PAULA, Marlúbia Corrêa (orgs.). **Métodos de Análise em Pesquisa Qualitativa**: releituras atuais. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2019. p. 59-76.

MASETTO, Marcos T. Mediações Pedagógicas e Tecnologias de Informação e Comunicação. In: MORAN, José Manuel; MASETTO, Marcos T.; BEHRENS, Marilda Aparecida (org.). **Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica**. Campinas: Papyrus, 2013. p. 141-171.

MASSUKADO, Luciana Miyoko; SCHALCH, Valdir. Simulação no Ensino de Engenharia: avaliando a aplicação do software SIMGERE sob o paradigma do “aprender a aprender”. **Revista de Ensino de Engenharia**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 40-46, 2007. Disponível em: <http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/54>. Acesso em: 20 mar. 2021.

MATTA, Alfredo Eurico Rodrigues; SILVA, Francisca de Paula Santos; BOAVENTURA, Edivaldo Machado. Design-based Research ou Pesquisa de Desenvolvimento: metodologia para pesquisa aplicada de inovação em educação do século XXI. **Revista da FAEEBA: Educação e Contemporaneidade**, v. 23, n. 42, p. 23-36, 2014. Disponível em: <https://revistas.uneb.br/index.php/faeeba/article/view/1025>. Acesso em: 4 fev. 2022.

MAZUR, Eric. **Peer Instruction**: a revolução da aprendizagem ativa. Porto Alegre: Penso, 2015.

McLEOD, John. Simulation is Wha-a-at? **Simulation**, v. 1, n. 1, p. 5-6, 1963. Doi: <https://doi.org/10.1177/003754976300100101>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/003754976300100101>. Acesso em: 2 ago. 2021.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Resolução nº 7**, de 18 de dezembro de 2018. Estabelece as Diretrizes para a Extensão na Educação Superior Brasileira e regimenta o disposto na Meta 12.7 da Lei nº 13.005/2014, que aprova o Plano Nacional de Educação – PNE 2014-2024 e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação, 2018. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=104251-rces007-18&category_slug=dezembro-2018-pdf&Itemid=30192. Acesso em: 22 jul. 2021.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Resolução nº 1**, de 23 de janeiro de 2019. Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Brasília, DF: Presidência da Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação, 2019a. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=109871-pces001-19-1&category_slug=marco-2019-pdf&Itemid=30192. Acesso em: 2 jan. 2021.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Resolução nº 2**, de 24 de abril de 2019. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Brasília, DF: Presidência da Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação, 2019b. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=112681-rces002-19&category_slug=abril-2019-pdf&Itemid=30192. Acesso em: 22 jul. 2021.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick (org.). **Metodologia de Pesquisa para Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier – ABEPRO, 2012.

MIOT, Hélio Amante. Análise de Dados Ordiniais em Estudos Clínicos e Experimentais. **Jornal Vascular Brasileiro**, São Paulo, n. 19, p. 1-4, set. 2020. Doi: <https://doi.org/10.1590/1677-5449.200185>. Disponibilidade em: <https://www.scielo.br/j/jvb/a/BfhFMBc4vKzPzJYGQyTHY6r/?lang=pt>. Acesso em: 5 jan. 2022.

MISHRA, Punya; KOEHLER, Matthew J. Technological Pedagogical Content Knowledge: a framework for teacher knowledge. **Teacher College Record**, Nova York, v. 108, n. 6, p. 1017-54, jun. 2006. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>. Disponível em: <https://www.punyamishra.com/wp-content/uploads/2008/01/mishra-koehler-tcr2006.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2022.

MOLINA, Raúl; ORCAJO, Gisela; SEGURA, Yolanda; MORENO, Jovita; MARTÍNEZ, Fernando. KMS platform: A complete tool for modeling chemical and biochemical reactors. **Education for Chemical Engineers**, v. 34, n. 1, p. 127-137, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ece.2020.09.003>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85092018931&doi=10.1016%2fj.ece.2020.09.003&origin=inward&txGid=9d7235d0b169530dd11e805dd65702aa>. Acesso em: 15 abr. 2021.

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. **Análise Textual Discursiva**. 3. ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2016.

MORAN, José Manuel. Novas Tecnologias e o Reencantamento do Mundo. **Tecnologia Educacional**. Rio de Janeiro, v. 23, n. 126, p. 24-26, 1995.

MORAN, José Manuel. Ensino e Aprendizagem Inovadores com Apoio de Tecnologias. *In*: MORAN, José Manuel; MASETTO, Marcos T.; BEHRENS, Marilda Aparecida (org.). **Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica**. Campinas: Papirus, 2013. p. 11-72.

MORAN, José. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. *In*: BACICH, Lilian; MORAN, José (org.). **Metodologias Ativas para Uma Educação Inovadora**: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018. p. 2-25.

MORAN, José. Reinventando as formas de ensinar e de aprender. **Educação Transformadora**. São Paulo, 3 de junho de 2021. Disponível em: <http://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2021/06/reinventando.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2021.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem Significativa**: a teoria e textos complementares. São Paulo: Editora Livraria de Física, 2011a.

MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de Aprendizagem**. 2. ed. São Paulo: EPU, 2011b.

MOROSINI, Marília; KOHLS-SANTOS, Pricila; BITTENCOURT, Zoraia. **Estado do Conhecimento**. Curitiba: CRV, 2021.

MUTANGA, Patrick; NEZANDONYI, Jacob; BHUKUVHANI, Crispen. Enhancing Engineering Education through Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK): a case study. **International Journal of Education and Development using Information and Communication Technology**, Cave Hill, v. 14, n. 4, p. 39-49, 2018. Disponível em: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1201556.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2022.

NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. **Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 25 fev. 2022.

NAYAK, Aruna S.; HIREMATH, Namrata D.; UMADEVI, F. M.; GARAGAD, Vishwanath G. A Hands-On Approach in Teaching Computer Organization & Architecture through Project Based Learnin. **Journal of Engineering Education Transformation**, v. 34, p. 742-746, 2021. Doi: <http://doi.org/10.16920/jeet/2021/v34i0/157176>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85099827069&doi=10.16920%2fjeet%2f2021%2fv34i0%2f157176&origin=inward&txGid=b72f96f8c6c7dc5a9f6e39e40a9cadbd>. Acesso em: 15 abr. 2021.

NAUKKARINEN, Johanna; SAINIO, Tuomo. Supporting student learning of chemical reaction engineering using a socially scaffolded virtual laboratory concept. **Education for Chemical**

Engineers, v. 22, n. 1, p. 61-68, 2018. Doi: <http://doi.org/10.1016/j.ece.2018.01.001>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85042921391&doi=10.1016%2fj.ece.2018.01.001&origin=inward&txGid=5f8bf61eebe8d2530cf4447682091850>. Acesso em: 15 abr. 2021.

OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças. **Sistemas, Organização e Métodos**: uma abordagem gerencial. 13. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

OLIVEIRA, Nelma Salomé Silva. **Tipologia e frequência de métodos de ensino em disciplinas de formação profissionalizante em engenharia de produção**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

OLIVEIRA, Vanderli Fava de. Evolução da organização do curso de Engenharia no Brasil. *In*: OLIVEIRA, Vanderli Fava de. (org.) **A Engenharia e as Novas DCNs**. Rio de Janeiro: LTC, 2019, p. 198-218.

OLIVEIRA, Vanderlí Fava; ALMEIDA, Nival Nunes; CARVALHO, Dayane Maximiano; PEREIRA, Fernando Antonio Azevedo. Um estudo sobre a expansão da formação em engenharia no Brasil. **Revista de Ensino de Engenharia**, Brasília, v. 32, n. 3, p. 37-56, 2013.

OUYANG, Shu-Guang; WANG, Gang; YAO, Juan-Yan; ZHU, Guang-Heng-Wei; LIU, Zhao-Yue; FENG, Chi. A Unity3D-based interactive three-dimensional virtual practice platform for chemical engineering. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 26, n. 1, p. 91-100, 2028. Doi: <http://doi.org/10.1002/cae.21863>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85040744667&doi=10.1002%2fcae.21863&origin=inward&txGid=6d9380eef3e93ee2a1107c5815384bb2>. Acesso em: 15 abr. 2021.

PALACIOS, Fernando; TERENCEZZO, Martha. **O Guia Completo do Storytelling**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2016.

PERRENOUD, Philippe. **Dez Novas Competências para Ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

PASSOW, Honor J.; PASSOW, Christian H. What competencies should undergraduate Engineering Programs emphasize? A Systematic Review. **Journal of Engineering Education**, v. 106, n. 3, p. 475-526, jul. 2017. Doi: <https://doi.org/10.1002/jee.20171>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jee.20171>. Acesso em: 10 jan. 2022.

PASTORIO, Dioni Paulo. **Processos avaliativos reflexivos integrados a tarefas contínuas no âmbito do ensino superior em física**. 2018. Tese (Doutorado em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.

PATTABHIRAMAN, Suresh. Advancement of a virtual training system for marine engineers. **Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 13, n. 11, p. 8890-93, 2018. Doi: <http://doi.org/10.3923/jeasci.2018.8890.8893>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0->

85056452558&doi=10.3923%2fjeasci.2018.8890.8893&origin=inward&txGid=7e38bf27f398b76a1efe65fa91b65fc9. Acesso em: 15 abr. 2021.

PAZIN FILHO, Antonio; SCARPELINI, Sandro. Simulação: definição. **Medicina**, Ribeirão Preto, SP, v. 40, n. 2, p. 162-166, jun. 2007. Doi: <https://doi.org/10.11606/issn.2176-7262.v40i2p162-166>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rmrp/article/view/312>. Acesso em: 2 ago. 2021.

PERON, José Luiz da Costa; SOTILLE, Carlos Alberto; MATSUDA, Sérgio Tsutomo. Sistemas Demonstrativos para Simulação de Redes Elétricas em Computador Digital. **Revista de Ensino de Engenharia**, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 95-98, 1984. Disponível em: http://www.abenge.org.br/file/REVISTA_ABENGE/abengeRevista_1984_v3n2.pdf. Acesso em: 20 mar. 2021.

PIMENTEL, Mariano; FILIPPO, Denise; SANTOS, Thiago Marcondes dos. Design Science Research: pesquisa científica atrelada ao design de artefatos. **Revista de Educação a Distância e Elearning**, v. 3, n. 1, p. 37-61, 2020. Doi: <https://doi.org/10.34627/vol3iss1pp37-61>. Disponível em: https://revistas.rcaap.pt/lead_read/article/view/21898. Acesso em: 10 out. 2021.

REIS, Ana Carla Bittencourt; BARBALHO, Sanderson César Macêdo; ZANETTE, Alline Christine Diniz. A bibliometric and classification study of Project-based Learning in Engineering Education. **Production**, São Paulo, v. 27, p. 1-16, 2017. Doi: <https://doi.org/10.1590/0103-6513.225816>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/swFdVyyysTJWCyx5gcFNTJt/abstract/?lang=en>. Acesso em: 19 ago. 2021.

RENGANAYAGALU, Sathiya Kumar; MALLAM, Steven C.; NAZIR, Salman; ERNSTSEN, Jorgen; HOGSTRÖM, Per. Impact of simulation fidelity on student self-efficacy and perceived skill development in maritime training. **TransNav**, v. 13, n. 3, p. 663-669, 2019. Doi: <http://doi.org/10.12716/1001.13.03.25>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85073271217&doi=10.12716%2f1001.13.03.25&origin=inward&txGid=717a18af754d352d440dbce1c7c208ae>. Acesso em: 15 abr. 2021.

REY, Bernard. **As Competências Transversais em Questão**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

RODRÍGUEZ-MARTÍN, Manuel; RODRÍGUEZ-GONZÁLVEZ, Pablo; SÁNCHEZ-PATROCINIO, Alberto; SÁNCHEZ, Javier Ramón. Short CFD simulation activities in the context of fluid-mechanical learning in a multidisciplinary student body. **Applied Sciences**, v. 9, n. 22, p. 1-17, 2019. Doi: <https://doi.org/10.3390/app9224809>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85075241141&doi=10.3390%2fapp9224809&origin=inward&txGid=38bb9dd0cd73d58ae59f188b487d0775>. Acesso em: 15 abr. 2021.

RODOLFO, Michelle Welster Hatakana. **Competência intercultural e sua contribuição para carreira**: estudo com alunos de graduação de uma Universidade do Vale do Paraíba Paulista.

2016. Dissertação (Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional) – Universidade de Taubaté, Taubaté, 2016.

RYAN, Thomas. **Estatística Moderna para Engenharia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

SACOMANO, José Benedito; GONÇALVES, Rodrigo Franco; SILVA, Márcia Terra da; BONILLA, Silvia Helena; SÁTYRO, Walter Cardoso. **Indústria 4.0: conceitos e fundamentos**. São Paulo: Blucher, 2018.

SANCHEZ, Christopher A.; RUDELLE, Benjamin L.; SCHIESSER, Roy; MERWADE, Venkatesh. Enhancing the T-shaped learning profile when teaching hydrology using data, modeling, and visualization activities. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 20, n. 3, p. 1289-99, 2016. Doi: <http://doi.org/10.5194/hess-20-1289-2016>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84964354738&doi=10.5194%2fhess-20-1289-2016&origin=inward&txGid=654b15312b2154b0520138f7d29d23eb>. Acesso em: 15 abr. 2021.

SANDOVAL, William A. Conjecture Mapping: An Approach to Systematic Educational Design Research. **Journal of Learning Science**, v. 23, n. 1, p. 18-36, 2013. Doi: <http://doi.org/10.1080/10508406.2013.778204>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/259694045_Conjecture_Mapping_An_Approach_to_Systematic_Educational_Design_Research. Acesso em: 24 out. 2022.

SANTAELLA, Lucia. **Comunicação ubíqua: repercussões na cultura e educação**. São Paulo: Paulus, 2013.

SANT'ANNA, Ilza Martins. **Por que avaliar? Como Avaliar? Critérios e instrumentos**. 17 ed. Petrópolis: Vozes, 2014.

SANTOS, Sinelândia Silva. **Os Reflexos do Projeto Alfa Tuning América Latina no projeto pedagógico de curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia**. 2018. Dissertação (Mestrado em Estudos Interdisciplinares) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018.

SCALLON, Gérard. **Avaliação da Aprendizagem numa Abordagem por Competências**. Curitiba: PUCPress, 2015.

SETTON, Maria da Graça. **Mídia e Educação**. São Paulo: Contexto, 2011.

SHOME, Saikat Kumar; JANA, Sandip; BHATTACHARJEE, Partha. On learning-based approaches in power electronics engineering curriculum: A high switching inchworm motor drive case study. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 28, n. 4, p. 867-879, 2020. Doi: <http://doi.org/10.1002/cae.22258>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85084463065&doi=10.1002%2fcae.22258&origin=inward&txGid=4b0f3244d138793dcddc47f0fa6b049d>. Acesso em: 15 abr. 2021.

SHULMAN, Lee S. Those who understand: Knowledge growth in teaching. **Educational Researcher**, v. 15, n. 2, p. 4-14, 1986. Doi: <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.3102/0013189X015002004>. Acesso em: 2 fev. 2022.

SIAM, Jamal; ABDO, Ali. Effects of inquiry, computer simulation, and cooperation with intergroup competition on electrical engineering students. **Research in Science and Technological Education**, v. 38, n. 4, p. 439-462, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1643299>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85093912565&doi=10.1080%2f02635143.2019.1643299&origin=inward&txGid=f5ae8b94ba09c2a42510856eb90dc67b>. Acesso em: 15 abr. 2021.

SIEGEL, Sidney; CASTELLAN JR., N. John. **Estatística Não Paramétrica para Ciências do Comportamento**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

SIEMENS, George. Connectivism: a Learning Theory for the Digital Age. **International Journal of Instructional Technology and Distance Learning**, v. 2, n. 1, p. 1-9, jan. 2005. Disponível em: http://www.itdl.org/Journal/Jan_05/article01.htm. Acesso em: 19 ago. 2021.

SILVA, Neide Menezes. **Sucesso e Insucesso na Educação Superior: as representações sociais dos estudantes do Centro Acadêmico do Agreste/UFPE**. 2010. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

SILVA, Antônio Carlos Ribeiro da. **Educação por Competências**. Jundiaí: Paco Editorial, 2012.

SILVA, Gildemberg da Cunha. **Competências demandadas pelo mercado do norte do Brasil para a formação do engenheiro de produção**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2016.

SILVA, Valdir Carlos da. **Matemática e estatística aplicadas a gestão da qualidade nos cursos de Engenharia de Produção no Brasil: um contraponto entre a formação e o mercado de trabalho**. 2016. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2016.

SIQUEIRA, Cesareo de La Rosa; FONTES, Carlos Eduardo. Utilização da Simulação Numérica para Auxílio do Ensino de Engenharia e Apoio a Projetos de TCC. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 46., 2018, Salvador. **Anais**. Salvador. Disponível em: http://www.abenge.org.br/sis_artigos.php. Acesso em: 20 mar. 2021.

SMITH, Natasha; DAVIS, Julian. Connection theory and software: Experience with an undergraduate finite element course. **Computers in Education Journal**, v. 16, n. 2, p. 49-57, 2016. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85030538422&origin=inward&txGid=bb3d150223cab2d7547e05447ca2c29c>. Acesso em: 15 abr. 2021.

SMETANA, Lara Kathleen; BELL, Randy L. Computer Simulations to Support Science Instruction and Learning: a critical review of the literature. **International Journal of Science**

Education, v. 34, n. 9, p. 1337-70, 2012. Doi: <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.605182>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500693.2011.605182>. Acesso em: 4 ago. 2021.

SOUZA, Vitória Augusta Braga de. **Competências empreendedoras no processo de formação do extensionista rural**. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

TELLES, Pedro Carlos da Silva. **História da Engenharia no Brasil**. Rio de Janeiro: LTC, 1994.

TELLES, Pedro Carlos da Silva. **A Engenharia e os Engenheiros na Sociedade Brasileira**. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

TIZIOTTO, Simone Aparecida. **Modelo de avaliação do Aprendizado de Metacompetências (MAAM) em cursos de Engenharias**. 2018. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

TOCHER, Keith Douglas. **The Art of Simulation**. Great Britain: English University Press, 1963.

TPACK ORG. **TPACK Explained**. 2012. Disponibilidade em: <http://www.tpack.org>. Acesso em: 5 jan. 2022.

TUDÓN-MARTÍNEZ, Juan C.; HERNANDÉZ-ALCANTARA, Diana; RODRÍGUEZ-VILLALOBOS, Martha; AQUINES, Osvaldo. The effectiveness of computer-based simulations for numerical methods in engineering. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing**, v. 14, n. 3, p. 833-846, 2020. Doi: <http://doi.org/10.1007/s12008-020-00673-w>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85088870761&doi=10.1007%2fs12008-020-00673-w&origin=inward&txGid=9a6ed6e2af024e84d5e9982b879ab2b5>. Acesso em: 15 abr. 2021.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA (UNIPAMPA). **Resolução CONSUNI/UNIPAMPA nº 29**, de 28 de abril de 2011. Aprova as normas básicas de graduação, controle e registro de atividades acadêmicas. Bagé, RS: Conselho Universitário, 2011. Disponível em: <https://sites.unipampa.edu.br/prograd/files/2016/06/compilado-graduacao.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2021.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA (UNIPAMPA). **Universidade**. Bagé, [2015a]. Disponível em: <https://unipampa.edu.br/portal/universidade>. Acesso em: 22 jul. 2021.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA (UNIPAMPA). **Engenharia de Produção: o curso**. Bagé, [2015b]. Disponível em: http://cursos.unipampa.edu.br/cursos/engenhariadeproducao/o_curso/. Acesso em: 22 jul. 2021.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA (UNIPAMPA). **Elementos do Projeto Político Pedagógico de Curso de Graduação da UNIPAMPA**. Bagé, 2019. Disponível em: https://sites.unipampa.edu.br/dpd/files/2019/09/elementos-ppc-graduacao_2019_13_09.pdf. Acesso em: 22 jul. 2021.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA (UNIPAMPA). **Resolução CONSUNI/UNIPAMPA nº 300**, de 10 de dezembro de 2020. Estabelece o Programa Institucional de acompanhamento e enfrentamento da retenção e evasão. Bagé, RS: Conselho Universitário, 2020. Disponível em: https://sites.unipampa.edu.br/consuni/files/2020/12/res--300_2020-resolucao-retencao-e-evasao.pdf. Acesso em: 22 jul. 2021.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA (UNIPAMPA). **Relatórios Acadêmicos**. Bagé, [2021]. Disponível em: <https://sites.unipampa.edu.br/eproc/relatorios-academicos/>. Acesso em: 22 jul. 2021.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION (UNESCO). **COVID-19 and higher education: today and tomorrow**. Paris: UNESCO, 2020. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375693?1=null&queryId=8ed60e7c-ab44-44fd-ab67-95f8694b4be4>. Acesso em: 4 fev. 2022.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION (UNESCO). **Engineering for Sustainable Development**. Paris: UNESCO, 2021a. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375634_chi?1=null&queryId=f949335f-d737-4bb0-b21d-9bd69f1eded3. Acesso em: 4 fev. 2022.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION (UNESCO). **From disruption to recovery**. 2021b. Disponível em: <https://en.unesco.org/covid19/educationresponse>. Acesso em: 4 fev. 2022.

URBIKAIN, Gorka; LACALLE, Luis Noberto López. Bridging the gap between student instruction and advanced research: Educational software tool for manufacturing learning. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 29, n. 1, p. 274-286, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1002/cae.22305>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85087972253&doi=10.1002%2fcae.22305&origin=inward&txGid=74b5fb778cbbef163c7161f084d1e240>. Acesso em: 15 abr. 2021.

VALENTE, José Armando. A sala de aula invertida e a possibilidade do ensino personalizado: uma experiência com a graduação em midialogia. In: BACICH, Lilian; MORAN, José (org.). **Metodologias Ativas para Uma Educação Inovadora**: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018. p. 26-44.

VALENTE, José Arnaldo; BLIKSTEIN, Paulo. Maker Education: where is the knowledge construction? **Constructivist Foundations**, v. 14, n. 3, p. 252-262, 2019. Disponível em: <https://constructivist.info/14/3/252>. Acesso em: 19 ago. 2021.

VIEIRA, Sonia. **Estatística Experimental**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

VIEIRA, Sonia. **Bio Estatística: tópicos avançados**. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

WATI, Erna; WIDIANSYAH, N. Design of learning media: Modeling & simulation of building thermal comfort optimization system in building physics course. **Jurnal Pendidikan IPA**

Indonesia, v. 9, n. 2, p. 257-266, 2020. Doi: <http://doi.org/10.15294/jpii.v9i2.23504>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85087114793&doi=10.15294%2fjpii.v9i2.23504&origin=inward&txGid=b0f3c59a6d41870f57f7be00793ee84a>. Acesso em: 15 abr. 2021.

WESTBROOK, Robert B.; TEIXEIRA, Anísio; ROMÃO, José Eustáquio; RODRIGUES, Verone Lane. **John Dewey**. Recife: Editora Massangana, 2010.

WILLERMARK, Sara. Technological Pedagogical and Content Knowledge: a review of empirical studies published from 2011 to 2016. **Journal of Educational Computing Research**, v. 56, n. 3, p. 315-343, 2017. Doi: <https://doi.org/10.1177/0735633117713114>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0735633117713114>. Acesso em: 2 fev. 2022.

WILLIAMSON, Bem; EYNON, Rebeca; POTTER, John. Pandemic politics, pedagogies and practices: digital technologies and distance education during the Coronavirus emergency. **Learning Media and Technology**, v. 45, n. 2, p. 104-114, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1080/17439884.2020.1761641>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17439884.2020.1761641>. Acesso em: 4 fev. 2022.

WORLD ECONOMIC FORUM. **The Future of Jobs**. Cologny: WEF, 2020. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020>. Acesso em: 10 jan. 2022.

XAVIER, Adilson. **Storytelling**: histórias que deixam marcas. Rio de Janeiro: BestSeller, 2015.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso**: planejamento e métodos. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

YUE, Haosong; MIAO, Jinyu; ZHANG, Jinqing; FAN, Changbo; XU, Dong. Simulation for senior undergraduate education of robot engineering based on Webots. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 29, n. 5, p. 1176-90, 2021. Doi: <http://doi.org/10.1002/cae.22377>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85098258790&doi=10.1002%2fcae.22377&origin=inward&txGid=e94991666d3efcfaebdda2b946c8b494>. Acesso em: 15 abr. 2021.

ZABALA, Antoni; ARNAU, Laia. **Como aprender e ensinar competências**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

ZABALA, Antoni; ARNAU, Laia. **Métodos para Ensinar Competências**. Porto Alegre: Penso, 2020.

ZUPANCIC, Borut. Multi Loop Control: Some Aspects with regard to Engineering Education. **IFAC Papers Online**, v. 51, n. 2, p. 517-522, 2018. Doi: <http://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.03.087>.

Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85046699949&doi=10.1016%2fj.ifacol.2018.03.087&origin=inward&txGid=51a87e0429c373d0ed3ff04e46e8a4e2>. Acesso em: 15 abr. 2021.

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado/a participante,

Você está sendo convidado/a a responder as perguntas deste questionário e participar de uma entrevista de forma totalmente voluntária. Antes de participar desta pesquisa, torna-se relevante compreender as informações e as instruções contidas neste documento. Você tem o direito de desistir a qualquer momento, sem nenhuma penalidade. Este questionário faz parte de uma pesquisa vinculada à Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, tendo por objetivo investigar a contribuição da simulação computacional e das metodologias de ensino ativas para o desenvolvimento de competências pelos estudantes. Acreditamos que ela seja importante para melhorar a qualidade dos cursos de Engenharia.

As informações fornecidas por você terão sua privacidade garantida pelo pesquisador responsável. Os sujeitos da pesquisa não serão identificados em nenhum momento, mesmo quando os resultados forem divulgados. Durante todo o período da pesquisa você tem o direito de esclarecer qualquer dúvida ou pedir qualquer informação sobre o estudo, bastando para isso entrar em contato, com Fernanda Gobbi de Boer Garbin e Adriana Justin Cerveira Kampff no telefone (53) 991461929 ou e-mail fernandagarbin@unipampa.edu.br. Você poderá também entrar em contato diretamente com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da PUCRS, localizado na Av. Ipiranga, 6681, Prédio 50, Sala 703, CEP 90619-900 – Bairro Partenon – Porto Alegre – RS, também disponível pelo telefone (51) 3320-3345 ou pelo e-mail: cep@pucrs.br, de segunda a sexta-feira, das 8h às 12h e das 13h30min às 17h.

Desde já agradecemos sua participação!

Ciente do que foi exposto no TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE), você concorda em participar desta pesquisa?

- Sim
- Não

**APÊNDICE B – DADOS SOBRE CONCLUSÃO, PERMANÊNCIA E DESISTÊNCIA DO
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA UNIPAMPA**

Ano	Ingressantes/ ano	Evadidos /ano	Evadidos acumulado	TDA	Formados/ ano	Formados acumulado	TCA	TAP
2010	77	11	11	14,3%	0	0	0%	85,7%
2011	83	27	38	49,4%	0	0	0%	50,6%
2012	78	14	52	67,5%	0	0	0%	32,5%
2013	76	5	57	74,0%	1	1	1,3%	24,7%
2014	63	3	60	77,9%	3	4	5,2%	16,9%
2015	52	0	60	77,9%	1	5	6,5%	15,6%
2016	62	0	60	77,9%	4	9	11,7%	10,4%
2017	65	1	61	79,2%	2	11	14,3%	6,5%
2018	59	1	62	80,5%	1	12	15,6%	3,9%
2019	65	0	62	80,5%	1	13	16,9%	2,6%

APÊNDICE C – PRODUÇÕES RELACIONADAS À TESE

Título	Local	Ano	Link
Educação a Distância em Tempo de Quarentena: proposta de um curso com a abordagem da Sala de Aula Invertida	Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia	2020	http://abenge.org.br/sis_artigo_doi.php?e=COBENGE&a=20&c=2809
O ensino e a Aprendizagem de Competências nos Cursos Superiores de Engenharia.	Revista Estudos e Pesquisas sobre o Ensino Tecnológico	2021	https://sistemascmc.ifam.edu.br/educitec/index.php/educitec/article/view/1430
Uso da Simulação para o Ensino de Engenharia: aplicações em cursos de graduação brasileiros	Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia	2021	http://www.abenge.org.br/sis_artigo_doi.php?e=COBENGE&a=21&c=3568
Adaptação da Sala de Aula Invertida ao Ensino Online: estudo de caso em universidade brasileira	Dossiê Cibercultura, tecnologias digitais como ferramenta de aprendizagem no ensino superior: experiências no ensino remoto emergencial (Revista de Ciências Humanas)	2022	Aceito.
Novas DCNs das Engenharias e as Metodologias Ativas – potenciais do uso de ABP	Capítulo do livro “Metodologias Ativas: aprendizagem baseada em projetos”, editora V&V.	2022	Aceito.
Proposta de um Modelo de Ensino de Competências: estudo de caso em um curso de engenharia	Dossiê Educação como Reinvenção da Vida Pós Pandemia (Revista Humanidades e Inovação)	2022	Aceito.
Aprendizagem Baseada em Projetos e Simulação Computacional para o Ensino de Engenharia	XXV Conferência Internacional sobre Informática na Educação	2022	Aceito.

APÊNDICE D – CARTA DE AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO



CARTA DE AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL

Eu, **Fernando Junges**, Coordenador Acadêmico, abaixo assinado, responsável pela Universidade Federal do Pampa Campus Bagé, autorizo a realização da pesquisa "Proposta de um modelo para o desenvolvimento de competências dos estudantes de engenharia", a ser conduzido pelas pesquisadoras **Fernanda Gobbi de Boer Garbin**, doutoranda da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) - Programa de Pós-Graduação em Educação e pesquisadora responsável pela coleta de dados, Fernanda.garbin@edu.pucrs.br, (53) 991481929, e **Adriana Justin Cerveira Kampff**, Professora da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) - Programa de Pós-Graduação em Educação e orientadora da pesquisa.

Fui informado, pela pesquisadora responsável, sobre as características e objetivos da pesquisa, bem como das atividades que serão realizadas na instituição a qual represento.

Autorizo a informar, no texto da tese indicada e em produtos científicos dos dados coletados nesta pesquisa, o nome da Universidade Federal do Pampa e que os entrevistados são estudantes do curso de Engenharia de Produção, tendo ciência que suas identidades serão mantidas em sigilo. Esta autorização está condicionada ao compromisso, pelo pesquisador, em utilizar os dados da pesquisa exclusivamente para os fins científicos, mantendo o sigilo e garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas.

As pesquisadoras acima qualificadas se comprometem a cumprir às disposições éticas de proteger a instituição e os participantes da pesquisa, estabelecidos pelas normativas nacionais na Resolução CNS 510, de 07 de abril de 2016, assegurando o anonimato das pessoas citadas nos documentos institucionais e/ou contatadas diretamente, de modo a proteger suas imagens, bem como garantir que as informações coletadas não acarretarão prejuízo dessas pessoas e/ou da instituição.

Ciente dos objetivos, métodos e técnicas que serão utilizados nessa pesquisa, concordo com o seu desenvolvimento, desde que seja assegurado o que segue:

- 1) A garantia de solicitar e receber esclarecimentos antes, durante e depois do desenvolvimento da pesquisa;
- 2) Que não haverá nenhuma despesa para as instituições que seja decorrente da participação nessa pesquisa;
- 3) No caso do não cumprimento dos itens acima, a liberdade de retirar minha anuência a qualquer momento da pesquisa sem penalização alguma.

FERNANDO JUNGES:9216
1324004

Coordenador Acadêmico
Unipampa - Campus Bagé
Rua: Comendador Joaquim de Almeida
Campus Bagé - Unipampa
Localidade: Bagé - RS - Brasil
CNPJ: 00.000.000-00

Bagé, 09 de maio de 2022.

Prof. Dr. Fernando Junges
Coordenador Acadêmico - Universidade Federal do Pampa – Campus Bagé



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