


## **MAPEAMENTO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM PARA O ENSINO DE NÚMEROS COMPLEXOS NA ENGENHARIA ELÉTRICA**

### **MAPPING OF LEARNING OBJECTS FOR TEACHING COMPLEX NUMBERS ON ELECTRICAL ENGINEERING**


**Cassiano Scott Puhl**

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul/ Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, c.s.puhl@hotmail.com

 <http://orcid.org/0000-0003-0696-5666>


**Tháísa Jacintho Müller**

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul/ Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, thaisamuller@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0002-7986-202X>

**Isabel Cristina Machado de Lara**

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul/ Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, isabel.lara@pucrs.br

 <http://orcid.org/0000-0002-0574-8590>

#### **Resumo**

Este artigo apresenta um mapeamento teórico de pesquisas brasileiras sobre objetos de aprendizagem para o ensino de números complexos no Ensino Superior, buscando estudos aplicados na área da Engenharia Elétrica. O objetivo é identificar o estado do conhecimento de pesquisas sobre objetos de aprendizagem para o ensino de números complexos no Ensino Superior, conhecendo os recursos disponíveis, verificando as diferentes concepções, teorias educacionais e metodologias de pesquisa. Os dados foram coletados do Banco de Teses, disponibilizado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, sendo encontrados 185 dissertações/teses sobre números complexos. Em virtude da quantidade de dissertações/teses, delimitou-se a busca para as que abordavam tecnologias ou Engenharia ou Ensino Superior, totalizando treze pesquisas. Os resultados apontam que o processo de ensino de números complexos não está sendo investigado no Ensino Superior. Aliado a isso, constatou-se poucos objetos de aprendizagem para o ensino deste conteúdo, sendo que a maioria para o Ensino Médio e nenhum deles para acadêmicos de Engenharia Elétrica.

**Palavras-chave:** Números complexos. Mapeamento teórico. Engenharia Elétrica. Objeto de aprendizagem.

## Abstract

This article presents a theoretical mapping of Brazilian research on learning objects for the teaching of Complex Numbers in Higher Education, seeking applied studies in the area of Electrical Engineering. The objective is to identify or state the knowledge of research on learning objects for the teaching of complex numbers in Higher Education, to know the available resources, to verify the different conceptions, educational theories and research methodologies. Data were collected by the Bank of Theses, made available by the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel, and 185 dissertations / theses on complex numbers were found. Due to the number of dissertations / theses, a search for technologies or engineering or higher education should be limited, totaling three surveys. The results show that the process of teaching complex numbers is not being investigated in Higher Education. Allied to this, few learning objects were found for the teaching of complex numbers, most of which were destined for High School and none of them for Electrical Engineering students.

**Keywords:** Complex numbers. Theoretical mapping. Electrical Engineering. Learning object.

## Introdução

A Matemática é uma ciência que pode ser considerada apaixonante para poucos e aterrorizante para a maioria. Uma das possíveis causas dessa perspectiva é que os estudantes não atribuem significado aos conhecimentos matemáticos, pois o percebem como um amontado de fórmulas a serem decoradas e um conhecimento a-histórico. Essas percepções acabam traumatizando o estudante e, conseqüentemente, causando dificuldades e falhas na sua aprendizagem (BÚRIGO, 2012). O fato dos estudantes não terem apreço e nem compreensão da Matemática, reflete em resultados insatisfatórios em exames oficiais, como: a 66ª colocação em Matemática no Programa Internacional de Avaliação de Estudantes – PISA (MORENO, 2016) e o nível abaixo do adequado, em Matemática, no critério estipulado pelo movimento Todos Pela Educação, com base na escala do Sistema de Avaliação da Educação Básica – Saeb (SALDANÃ, 2016).

Esses dados são referentes a Educação Básica, porém esse problema se transfere e impacta no Ensino Superior, principalmente nos cursos de Engenharia que apresentam altos índices de evasão e reprovação. Algumas pesquisas indicam que a evasão ocorre expressivamente nos dois primeiros anos da graduação, sendo a falta de conhecimentos prévios uma das principais causas da desistência (FERLIN; TOZZI, 2007; SOARES; LIMA; SAUER, 2007; VELOSO; ALMEIDA, 2013; RODRIGUES; NEVES, 2019).

Diante desse cenário, foi implementada a Base Nacional Comum Curricular – BNCC com o objetivo de: “elevar a qualidade do ensino em todo o Brasil, indicando com

clareza o que se espera que os estudantes aprendam na Educação Básica” (BRASIL, 2017a), além de promover o direito de aprendizagem a todos estudantes brasileiros. Ao mesmo tempo em que a BNCC tem o objetivo de melhorar a qualidade do ensino, é motivo de preocupação para os professores de Ensino Superior, principalmente de Engenharia Elétrica. A preocupação se deve ao fato de que o conteúdo de números complexos, segundo a proposta da BNCC (BRASIL, 2017b), deixará de fazer parte do currículo do Ensino Médio, sendo que sequer é mencionado como um exemplo de conjunto numérico. Em relação aos conjuntos numéricos, a BNCC destaca, entre os objetivos da Matemática, que o estudante precisa “compreender as características dos diferentes conjuntos numéricos, a necessidade de ampliá-los (naturais, inteiros, racionais, reais), suas operações e as propriedades das operações” (BRASIL, 2017b, p. 574).

Nessa perspectiva, o estudante pode terminar o Ensino Básico considerando que os números se limitam aos reais, sem saber da existência de um conjunto que engloba todos esses e ainda outros números, como os imaginários. O objetivo desse trabalho não é criticar e nem debater sobre a BNCC, mas questionar “Como ficam os fundamentos matemáticos do estudante que quer cursar Engenharia?”. Atualmente, na década de 2010, os professores universitários têm dedicado uma pequena parte da sua aula para revisar os números complexos (PUHL; LIMA, 2014). Muitos egressos de Engenharia não apresentam o conhecimento necessário de números complexos para aplicá-los nas disciplinas de análise de circuitos elétricos (MORALES; PUHL; LIMA, 2013).

Como o estudante aprenderá sobre um tipo de número o qual ele, possivelmente, nunca imaginou sua existência? Em uma pesquisa aplicada no Ensino Médio (PUHL, 2016), um estudante surpreende-se com o fato de “[...] em séries anteriores trabalhar com a expressão “não existe” quando encontrávamos raiz quadrada de números negativos, e apenas no terceiro ano do Ensino Médio, descobrir que a expressão correta é “não pertence ao conjunto dos números reais” (PUHL, 2016, p. 85). O relato revela indignação por parte do estudante, acreditando que os números complexos deveriam ser apresentados antes do último ano do Ensino Médio. Contudo, no atual cenário educacional, alguns estudantes conhecerão esse conjunto numérico no Ensino Superior.

Para suprir essa lacuna proporcionada pelo Ensino Básico, os recursos digitais podem auxiliar os professores e os estudantes na compreensão dos conceitos e operações com números complexos, para posteriormente aplicar esse conhecimento, em particular, na área da Engenharia Elétrica. Antes mesmo da publicação da BNCC, que não aborda sobre os números complexos, tinha-se a intenção de criar um ambiente de aprendizagem, em que o estudante pudesse construir o conhecimento de forma mais autônoma, sanando as lacunas de aprendizagem dos estudantes de Engenharia Elétrica.

Nesse sentido, fez-se um levantamento de pesquisas brasileiras realizadas sobre o ensino e/ou a aplicação dos números complexos na área da Engenharia Elétrica, por meio de recursos digitais. Desse modo, buscaram-se pesquisas fundamentadas sob um referencial teórico construtivista, como a teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel (1980), e, também, que propiciasse uma Aprendizagem Ativa em um contexto interdisciplinar. Diante disso, apresenta-se um mapeamento teórico cujo objetivo é

identificar o estado do conhecimento de pesquisas sobre objetos de aprendizagem para o ensino de números complexos no Ensino Superior, conhecendo os recursos disponíveis, verificando as diferentes concepções, teorias educacionais, metodologias de pesquisa e abordagens planejadas e/ou aplicadas.

### **Procedimentos metodológicos**

O procedimento metodológico utilizado foi o mapeamento teórico, pois permite que o pesquisador identifique o estado do conhecimento de pesquisas realizadas sobre determinado tema. O mapeamento teórico permite que o pesquisador conheça produções acadêmicas similares com aquela que se pretende realizar, verificando os pressupostos teóricos, bem como a metodologia e os resultados de pesquisas já realizadas.

Segundo Biembengut (2008, p. 136):

O mapeamento nos propicia entender um fato, uma questão dentro de um cenário, servir do conhecimento produzido e reordenar alguns setores deste conhecimento. Quanto mais nos inteiramos dos entes e dos diversos fatores que levam à resultante, mais nos habilitamos em aplicar conhecimentos e, por recorrência, mais conhecimentos dispomos para construir um mapa que ainda não existe, para situar, contextualizar a pesquisa de forma a mostrar, descrever, narrar, circunscrever o problema, explicando e justificando sua legitimidade.

O mapeamento teórico possibilita que a comunidade acadêmica dê continuidade à pesquisa ou aprimore um novo estudo (BIEMBENGUT, 2008). Essa metodologia torna-se um recurso para justificar a importância de uma investigação ou de apresentar indícios do ineditismo de uma determinada pesquisa.

Para Biembengut (2008), o mapeamento teórico está organizado em três etapas. Na primeira etapa, apresentam-se os conceitos e definições utilizados nos pressupostos teóricos, neste caso: aprendizagem significativa; aprendizagem ativa; objeto de aprendizagem multimodal. Na segunda etapa, explica-se o processo de busca das produções acadêmicas (identificação), classificando-as e descrevendo, resumidamente, as ideias e conceitos mais relevantes (classificação e organização). Na última etapa, compara-se os resultados com o contexto da pesquisa que se pretende realizar (Reconhecimento e/ou análise), identificando as convergências e divergências. Nesta etapa, utilizou-se a técnica de análise de conteúdo<sup>1</sup> para categorizar os temas para, posteriormente, analisar os dados apresentados nas produções selecionadas.

### **Conceitos e definições**

Antes de apresentar o mapeamento teórico, seguiram-se as orientações de Biembengut (2008) que sugere a definição dos principais conceitos dos pressupostos teóricos da presente pesquisa. Essa pesquisa está fundamentada em tendências construtivistas, à luz da teoria de aprendizagem significativa de Ausubel (2003) para a criação de um objeto de aprendizagem potencialmente significativo.

Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p.34), “[...] a essência do processo de aprendizagem significativa é que as ideias expressas simbolicamente são relacionadas às informações previamente adquiridas através de uma relação não arbitrária e substantiva (não literal)”. O conteúdo escolar deve se relacionar com conhecimentos que o estudante já possui, chamados de subsunçores, sendo esse o aspecto mais importante no processo de aprendizagem, pois são âncoras para novos conhecimentos (MOREIRA, 2011).

O novo conhecimento é ancorado à estrutura cognitiva, indicando que há uma relação não arbitrária da aprendizagem (AUSUBEL, 2003). A partir dos subsunçores, os estudantes realizam uma construção mental do novo conhecimento, compreendendo-o e ancorando-o num esquema mental da sua estrutura cognitiva (MIRAS, 1999). Assim, o conhecimento não se restringe apenas à incorporação de novas palavras, regras ou algoritmos (MOREIRA; MASINI, 2006).

Ao compreender o conteúdo, o estudante vai além de repetir, usa mais que processos de memorização mecânica, passa a compreender e estabelecer relações entre os subsunçores e o novo conhecimento. O estudante realiza um esforço para organizar seus esquemas mentais para ancorar os novos conhecimentos, compreendendo-os, o que, conforme Ausubel (2003), implica em duas características para a aprendizagem significativa: a não arbitrariedade e a substantividade.

A não arbitrariedade significa que o conteúdo não pode ficar solto na mente do estudante, devem-se estabelecer relações entre o novo conhecimento com os subsunçores (AUSUBEL, 2003). Nesse processo interativo, o conhecimento do estudante vai ampliando, enriquecendo, construindo-se ou reconstruindo-se, a partir dos subsunçores que ancoram o novo conhecimento; se houver a construção do conhecimento, os novos são agregados aos subsunçores. Diante disso, o “novo” subsunçor apresenta um nível mais elevado de conhecimento, possibilitando novas aprendizagens (AUSUBEL, 2003).

A outra característica é a substantividade que se refere ao desenvolvimento de uma aprendizagem com sentido, o que indica que o estudante compreende o significado do que aprende. Em outras palavras, a substantividade é o significado do conteúdo que, possivelmente, será atingido por meio da interação entre os subsunçores e o novo conhecimento. Essas características acabam não sendo contempladas muitas vezes, pois boa parte dos estudantes ainda se questiona: “Por que vou aprender este conteúdo?” e “Onde irei utilizar isso?”, dúvidas que demonstram a necessidade de compreenderem o conteúdo, para se envolverem e terem apreço pelo que aprendem.

Além da relação não arbitrária e da substantividade, existe outro fator fundamental para o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa. O material propiciado pelo professor deve ser potencialmente significativo, ou seja, um material bem elaborado que permita que o estudante o manuseie, interaja e consiga aprender (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Ao planejar o material potencialmente significativo, o professor atua como um mediador na construção do conhecimento, promovendo diálogos entre os estudantes,



entre professor e estudante e, principalmente, auxiliando a “aprender a aprender”, transformando o espaço escolar em um ambiente de aprendizagem agradável, inovador, dinâmico e flexível. Essas características reforçam a necessidade de o estudante tornar-se protagonista no processo de aprendizagem, dialogando, questionando e buscando o conhecimento, ora por meio da interação, ora por meio do meio social.

Desse modo, a aprendizagem ativa é assim denominada, pois pressupõe a ação de quem aprende, não apenas ou necessariamente manipulações e movimentos físicos, mas requer, principalmente, ações cognitivas, de estruturas de pensamento. Bonwell e Eison (1991) consideram algumas características ou aspectos que evidenciam um ambiente favorável para o desenvolvimento da aprendizagem ativa:

- os estudantes estão empenhados na aula e não são somente ouvintes;
- é colocada menor ênfase na transmissão de informações e maior ênfase no desenvolvimento das capacidades dos estudantes;
- os estudantes estão envolvidos em pensamentos de elevado nível cognitivo tais como análise, síntese e avaliação;
- os estudantes estão envolvidos em atividades tais como ler, discutir e escrever;
- é colocada grande ênfase na exploração de valores e atitudes.

Para dar conta desse contexto, podem-se utilizar as tecnologias, como um recurso para propiciar uma aprendizagem ativa. Nessa perspectiva, a geometria dinâmica e interativa pode ser utilizada pelos professores no processo da construção do conhecimento (BARIN; BASTOS; MARSHALL, 2013). Existem *softwares* e outros recursos, como objetos de aprendizagem, que podem auxiliar, principalmente na visualização geométrica, na exploração de situações e experimentos, no teste de hipóteses, possibilitando a construção de significados pelos estudantes.

Entre os vários recursos digitais disponíveis, no Brasil destaca-se o estudo e a produção de objetos de aprendizagem (OA). Não existe um consenso sobre a definição de OA. Dentre vários conceitos, um que aparece com frequência em comunicações científicas, e que foi adotado nesta pesquisa, considera-o como “[...] qualquer recurso digital que possa ser reutilizado para dar suporte à aprendizagem” (WILEY, 2000, p. 3). As diversas possibilidades de abordagem de um conteúdo – por texto, áudio, vídeo, figuras, animações – e as peculiaridades dos estudantes em termos de aprendizagem, evidencia a necessidade de construção de um objeto de aprendizagem multimodal (OAM).

Lima et al. (2014, p. 24) definem que “um objeto é multimodal se permitir que o usuário explore dois ou mais sentidos para captar, através de informações complementares verbais e não verbais, o mesmo conteúdo do conhecimento (conceito)”. O modo verbal consiste de textos ou áudio e o não verbal de ilustrações, fotos, vídeos e animações (TAROUCO, 2009). Desse modo, possibilita-se que os estudantes utilizem diferentes estímulos (visual, auditivo e físico) para construir conhecimento (LIMA et al, 2014).

## Identificação

Para realizar o mapeamento teórico, Biembengut (2008) sugere que o levantamento das produções acadêmicas seja realizado nas seguintes plataformas: Banco de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), *Google Acadêmico* e *Scientific Electronic Library Online* (SciELO).

Neste trabalho mapearam-se as dissertações e teses no Banco de Teses e Dissertações da CAPES<sup>2</sup>, pois os artigos publicados em periódicos ou anais de eventos, na sua maioria, são extratos de pesquisas de mestrado e doutorado. Esse banco de dados consiste em um repositório digital que permite a consulta do título de dissertações e teses defendidas desde 1987. A partir de 2013, o banco disponibiliza mais informações, como o resumo, palavras-chave e a pesquisa na íntegra (BRASIL, 2017c).

Inicialmente, realizou-se o levantamento das publicações que apresentassem a palavra/expressão “números complexos”, resultando em um total de 185 pesquisas, sendo 172 dissertações e 13 teses. As pesquisas selecionadas estão compreendidas no período de 1988 até 2017. Porém, as primeiras pesquisas cujo tema é números complexos foram publicadas em 1998, as anteriores têm temas diversos, como: grupos finitos de automorfismos da esfera de Riemann; a álgebra de Weyl; uma experiência didática de formação matemática-epistemológica com professores. A Tabela 1 apresenta a quantidade de pesquisas desenvolvidas sobre números complexos, no período de 1997 até 2017.

Tabela 1: Relação da quantidade de pesquisas nos triênios de 1997 até 2017

1997-1999	2000-2002	2003-2005	2006-2008	2009-2011	2012-2014	2015-2017
3	5	3	6	11	70	82

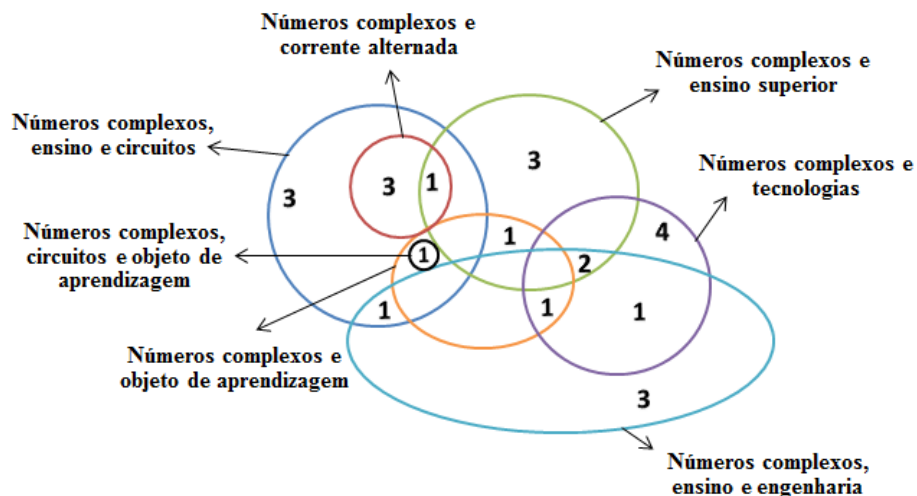
Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados do Banco de Teses da CAPES.

Observa-se um aumento significativo em pesquisas sobre números complexos, porém não significa que todos tenham o objetivo de estudar ou ensinar sobre esse conteúdo, pois o repositório da CAPES busca a palavra/expressão em diferentes campos, sejam eles: título; palavras-chave; área de conhecimento; linha de pesquisa; resumo. Por meio da leitura dos títulos das pesquisas, observa-se que muitos trabalhos não têm como tema os números complexos, mas que o termo aparece nos resumos disponíveis.

Visando ter o conhecimento de recursos digitais que podem servir como apoio na aprendizagem de números complexos no Ensino Superior, principalmente para estudantes de Engenharia Elétrica, decidiu-se limitar mais o campo de busca. A partir da leitura do resumo de cada pesquisa, excluíram-se as que não apresentam aplicações pedagógicas de números complexos, e assim, selecionaram-se trabalhos que possam contribuir com a atual pesquisa.

Ao restringir o levantamento das produções acadêmicas, buscou-se pelas palavras/expressões “números complexos”, “circuitos” e “objeto de aprendizagem”, o que resultou somente em uma dissertação (PINTO, 2015). Esse fato é um indício das poucas pesquisas realizadas sobre esse tema, ao menos no nível da pós-graduação. Considerando que este mapeamento teórico tem o objetivo de identificar o estado do conhecimento de produções acadêmicas sobre o ensino de números complexos no Ensino Superior, principalmente na Engenharia Elétrica, visando à obtenção de mais pesquisas, decidiu-se alterar as palavras/expressões, realizando mais seis buscas distintas, utilizando: “números complexos”, “ensino” e “circuitos”; “números complexos”, “ensino” e “engenharia”; “números complexos” e “tecnologias”; “números complexos” e “corrente alternada”; “números complexos” e “ensino superior”; e “números complexos” e “objeto de aprendizagem”. Alterando os parâmetros, encontrou-se um novo número de produções, resultando, respectivamente aos termos utilizados, em nove, oito, oito, quatro, sete, e três dissertações. Por meio dessa delimitação, reduziu-se o número de produções de 185 para 24, sendo todas em nível de Mestrado, representando 13% do número total de pesquisas sobre números complexos. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** representa as intersecções das dissertações que foram mapeadas.

Figura 1 – Diagrama representando as dissertações mapeadas



Fonte: Elaborado pelos autores.

Dessas produções realizou-se a leitura de todos os resumos, categorizando as pesquisas em relação ao tema abordado, representado no Quadro . O objetivo da categorização é selecionar os trabalhos que possam contribuir com a atual pesquisa.



Quadro 1: Categorização dos temas das pesquisas desenvolvidas

Categoria	Quantidade
Sequência didática utilizando o <i>software</i> de geometria dinâmica.	6
Estudos teóricos sobre temas diversos, por exemplo: funções complexas descritas geometricamente; Espaços Vetoriais; aplicação das raízes da unidade no Teorema de Dirichlet; sensoriamento remoto; e mapeamento teórico.	5
Estudo de aplicações de números complexos em Matemática ou Física.	3
Construção de um OA para o ensino de números complexos.	3
Estudo teórico de números complexos na teoria dos circuitos elétricos.	2
Sequência didática abordando o contexto histórico.	1
Construção de um aplicativo, uma calculadora, para deficientes visuais operarem com números complexos.	1
Resolução de questões de concursos com o auxílio do Geogebra.	1
Sequência didática abordando os Fractais.	1
Construção de um ambiente virtual de aprendizagem para o ensino de números complexos.	1

Fonte: Elaborado pelos autores.

Estabelecidas as categorias, leram-se as produções acadêmicas referentes aos temas: “Sequência didática utilizando o *software* de geometria dinâmica”, “Estudo de aplicações de números complexos em Matemática ou Física”, “Construção de um objeto de aprendizagem para o ensino de números complexos” e “Construção de um ambiente virtual de aprendizagem para o ensino de números complexos”. Vale ressaltar que a escolha dessas categorias se deve ao objetivo desta pesquisa.

### Classificação e organização

Por meio do mapeamento delimitaram-se as produções acadêmicas, totalizando 13 dissertações. O Quadro 2 foi organizado para apresentar, em ordem cronológica, as referências bibliográficas, sendo possível verificar o autor, o título da produção, o ano da conclusão, a instituição e em que categoria a pesquisa se enquadrou (EA: Estudo de aplicações de números complexos em Matemática ou Física; SD: Sequência didática utilizando o *software* de geometria dinâmica; COA: Construção de um objeto de aprendizagem para o ensino de números complexos; e CAVA: Construção de um ambiente virtual de aprendizagem para o ensino de números complexos).

Quadro 2 – Relação das produções acadêmicas selecionadas para o mapeamento

Nº	Referência	Categoria
D1	REIS, A. C. M. <b>A Aplicação dos Números Complexos aos Circuitos de Corrente Alternada no Ensino Técnico: Uma análise no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI).</b> 2009. 98f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2009 (REIS, 2009).	EA
D2	OLIVEIRA, C. N. C. <b>Números Complexos: um estudo dos registros de representação e de aspectos gráficos.</b> 2010. 190f. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2010 (OLIVEIRA, 2010).	SD
D3	MONZON, L. W. <b>Números Complexos e funções de variável complexa no ensino médio uma proposta didática com uso de objeto de aprendizagem.</b> 2012. 134f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012 (MONZON, 2012).	COA
D4	COELHO, M. C. B. <b>Números Complexos e suas aplicações geométricas no ensino superior.</b> 2013. 112f. Dissertação (Mestrado) – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2013 (COELHO, 2013).	SD
D5	FREITAS, T. M. A. <b>O estudo dos Números Complexos no Ensino Médio: uma abordagem com a utilização do Geogebra.</b> 2014. 238f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014 (FREITAS, 2014).	SD
D6	JUNIOR, V. P. V. B. <b>Números Complexos: Interpretação geométrica e aplicações.</b> 2014. 58f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014 (JUNIOR, 2014).	EA
D7	PINTO, J. E. <b>Objeto de aprendizagem para o ensino de Números Complexos com aplicações na área técnica em Eletroeletrônica.</b> 2015. 112f. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015 (PINTO, 2015).	COA
D8	CABANILLAS, S. A. C. <b>Introdução ao estudo dos números complexos e sua aplicação nos circuitos elétricos.</b> 2016. 62f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2016 (CABANILLAS, 2016).	SD
D9	COSTA, J. C. <b>Números Complexos: uma abordagem com ênfase em aplicações na matemática e em outras áreas.</b> 2016. 67f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2016 (COSTA, 2016).	EA
D10	GERMANO, J. G. C. <b>Uma proposta de abordagem dos Números Complexos com o uso do Geogebra.</b> 2016. 132f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016 (GERMANO, 2016).	SD
D11	AZEVÊDO, D. P. <b>Ensino Desenvolvidor: Um Experimento Didático Formativo para o estudo dos Números Complexos.</b> 2016. 198f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Jataí/GO, 2016 (AZEVEDO, 2016).	SD

D12	PUHL, C. S. <b>Números complexos: interação e aprendizagem.</b> 2016. 244f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2016 (PUHL, 2016).	COA
D13	LINHARES, M. F. <b>Análise dos Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA's) AulaNet, Moodle e TelEduc e implementação do ambiente Moodle na Universidade Santa Úrsula.</b> 2017. 109f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Santa Úrsula, Rio de Janeiro, 2017 (LINHARES, 2017).	CAVA

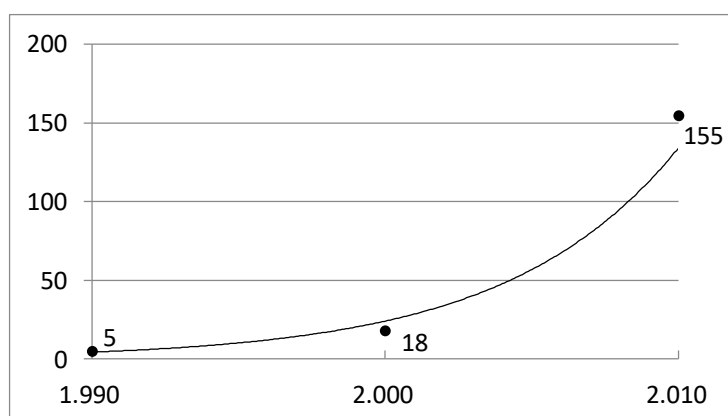
Fonte: Elaborado pelo autor com dados fornecidos pela homepage da CAPES.

Nesta etapa, por meio da leitura das dissertações, estabeleceu-se a relação entre os pontos convergentes, divergentes e potenciais das pesquisas. Assim, não se pretende fazer um resumo ou síntese das dissertações mapeadas, mas identificar os conceitos considerados relevantes para a atual pesquisa, como: palavras-chave; objetivo geral; problema de pesquisa; público alvo; referencial teórico; contexto da aplicação da pesquisa; e contribuições almejadas pelo autor. Ressalta-se que a D12 é a pesquisa do presente autor, assim não foi considerada, pois seus resultados já são conhecidos. Conforme as orientações de Biembengut (2008), as citações retiradas das dissertações selecionadas são dados para a análise, sendo assim não devem constar nas referências bibliográficas do presente artigo.

### Reconhecimento e análise

No mapeamento realizado, percebe-se um crescimento expressivo no estudo de números complexos nas últimas décadas (1990, 2000 e 2010), como pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 – Número de dissertações sobre números complexos nas últimas décadas.



Fonte: Elaborado pelo autor com dados da CAPES.

Em relação aos tipos de produções acadêmicas, constataram-se sete pesquisas aplicadas, sendo duas em nível médio técnico (D1 e D7), quatro em nível médio (D2, D3, D5 e D11) e uma em nível superior (D4). As produções D6, D8 e D10 são sugestões de sequências didáticas, a D9 aborda sobre aplicações de números complexos e a D13 a construção de um curso no Moodle para o ensino de tal conteúdo. Ressalta-se, ainda, que em cinco pesquisas aplicadas (D1, D2, D4, D5 e D7) os estudantes haviam estudado números complexos no Ensino Médio. As produções D3 e D11 introduziram os conceitos e as operações de números complexos a um grupo de estudantes, analisando os resultados da sequência didática planejada que utilizou o *software* Geogebra.

Em relação às pesquisas selecionadas, observa-se que o público alvo é, principalmente, o Ensino Médio com oito trabalhos (D2, D3, D5, D6, D8, D9, D10 e D11); dois (D1 e D7) para o Ensino Médio Técnico, no qual os números complexos são abordados nos cursos de eletrônica como um conhecimento base para analisar circuitos elétricos em corrente alternada, e dois (D4 e D13) para o Ensino Superior. A pesquisa da D4 foi aplicada em uma turma de Cálculo, no qual os conhecimentos de números complexos e de geometria foram utilizados no estudo da derivada das funções seno e cosseno. A pesquisa D13 aborda um projeto piloto de um curso a distância no Moodle para o ensino de números complexos, no qual o público são acadêmicos de Engenharia, da disciplina de Circuitos Elétricos II na Universidade de Santa Úrsula, no estado do Rio de Janeiro, que possuem defasagem de aprendizagem desse conteúdo.

Por meio da leitura minuciosa das doze produções acadêmicas foi possível definir três categorias de análise, em relação a: fundamentação teórica; procedimento metodológico; e contribuições das produções.

### **Em relação à fundamentação teórica**

Há traços comuns entre as pesquisas selecionadas, sendo que todas fizeram uso de documentos oficiais, como Parâmetros Curriculares Nacionais, Leis de Diretrizes e Bases da Educação ou Diretrizes Curriculares Nacionais. A preocupação no ensino dos números complexos foi um tema abordado em quatro produções (D1, D2, D7 e D10), as quais buscaram referências para auxiliar na produção de recursos didáticos ou sequências didáticas, tais como Rosa (1998), Araújo (2006), Santos (2008) e Silva (2008).

Em geral, essas pesquisas sugerem o ensino de números complexos com um viés geométrico, atribuindo um significado para esse tipo de número, o que é viável e proporciona bons resultados. A maioria das produções selecionadas (D2, D3, D4, D5, D8, D10 e D11) tinha o objetivo de analisar uma sequência didática, abordando os números complexos por meio da sua representação no plano. Essa abordagem possibilita estabelecer relação com conceitos de outras disciplinas, como o de vetores que, geralmente, é estudado em Física, proporcionando um estudo interdisciplinar. Nessa perspectiva, as pesquisas D1, D6, D7, D8 e D9 preocuparam-se em atribuir sentido aos números complexos, apresentando aplicações na área da Física para tais números.

A Interdisciplinaridade e a Transdisciplinaridade, como fundamentação teórica, só foram utilizadas pelo autor da D1, em que os estudantes utilizaram os números complexos (conhecimento matemático) para fazer a análise de circuitos elétricos em corrente alternada (conhecimento físico). Na D1 é citado que o termo Interdisciplinaridade pode ser dividido em vários níveis e diferentes visões por vários autores dentro do campo filosófico, apresentando as diferentes concepções, segundo: Zabala (2002); David e Tomaz (2008); Matos e Bonatto (2008); Mora (2005). Para a Transdisciplinaridade utilizam-se as obras de Pereira (2005) e Kopke e Cordeiro Filho (2005).

Em relação a outros referenciais teóricos que apareceram com mais frequência, tem-se três pesquisas que utilizaram a Teoria de Registros de Representação Semiótica (D2, D3 e D5), bem como a Teoria das Situações Didáticas (D2, D4 e D10).

Os autores utilizados para fundamentar a Teoria de Registros de Representação Semiótica foram: Ernest (2006), que define a semiótica como o estudo dos signos que participam em diferentes contextos das atividades humanas; Damm (2002, p.137), que afirma que “[...] as representações através de símbolos, signos códigos, tabelas, gráficos, algoritmos, desenhos são bastante significativas, pois permitem a comunicação entre os sujeitos e as atividades cognitivas do pensamento, permitindo registros de representação diferentes de um mesmo objeto matemático”; mas, principalmente, Duval, que foi citado nas três dissertações (D2, D3 e D5), pois desenvolveu a Teoria de Registros de Representação Semiótica, sobre a qual afirma que “[...] a passagem do não-consciente ao consciente corresponde a um processo de objetivação para o sujeito que toma consciência. A objetivação corresponde à descoberta pelo próprio sujeito do que até então ele mesmo não supunha, mesmo se outros lhe houvessem explicado. As representações conscientes são aquelas que apresentam este caráter intencional e que completam uma função de objetivação” (DUVAL, 2009, p. 40-41).

Em relação à Teoria das Situações Didáticas, tem-se Almouloud (2007, p. 31) que explica que essa teoria foi “[...] desenvolvida por Guy Brousseau no intuito de modelar o processo de ensino e aprendizagem dos conceitos matemáticos”; e o próprio Brousseau (2008, p. 16), ao relatar que “[...] a abordagem da teoria das situações didáticas apresenta-se como um instrumento científico. Tende a unificar e integrar as contribuições de outras disciplinas e proporciona uma melhor compreensão das possibilidades de aperfeiçoamento e regulação do ensino da matemática”.

Esses são traços comuns encontrados nas dissertações selecionadas. Contudo, dois aspectos chamaram atenção por não estarem presentes: a falta da fundamentação teórica com as potencialidades das tecnologias nos processos de ensino e de aprendizagem; e com teorias de aprendizagem. A maioria das pesquisas envolveu o planejamento de atividades, a criação de aplicativos ou a resolução de exercícios utilizando *softwares*, como Geogebra (D2, D3, D5, D6, D7, D8, D10 e D11) e Régua e Compasso (D4). Porém, somente os autores de D3, D7 e D11 fizeram menção da contribuição das tecnologias na educação, como pressupostos teóricos.

Entre os autores utilizados tem-se: Gravina (2001) que ressalta a tecnologia como uma ferramenta a dar suporte ao pensamento abstrato, trazendo à tona os objetos



concreto-abstratos, eficaz em estudos de geometria dinâmica; e Masseto (2013) que argumenta sobre a necessidade de olhar a tecnologia como um recurso para modificar os métodos e estratégias utilizados na sala de aula, substituindo a transmissão para a investigação e a construção de conhecimentos. A D7 apresenta diferentes definições para objetos de aprendizagem, utilizando as obras de Wiley (2000), Musio (2001), Pimenta e Batista (2004), Audino (2012) e Machado e Sá Filho (2003). O autor da D13 utilizou o referencial teórico voltado aos Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) e, principalmente, ao Modelo 3C de Colaboração. O Modelo 3C de Colaboração é modelo que ressalta três dimensões da colaboração: comunicação, coordenação e cooperação. Pimentel (2006) refere-se ao Modelo 3C de colaboração como: a comunicação que se realiza por meio da troca de mensagens; a coordenação se realiza por meio do gerenciamento de pessoas, atividades e recursos; e a cooperação se realiza por meio de operações num espaço compartilhado para a execução das tarefas.

Por se tratar de atividades para serem aplicadas com estudantes, esperava-se que as pesquisas se embasassem também em teorias de aprendizagem. As teorias de aprendizagem visam explicar o processo de aprendizagem do estudante, trazendo assim elementos a serem considerados no planejamento das atividades didáticas. Porém, a maioria das pesquisas não tinha como objetivo analisar a aprendizagem do estudante, mas avaliar o potencial da situação didática, como é proposto pela Teoria das Situações Didáticas. Apenas D3 e D11 abordaram as teorias de aprendizagem.

O autor da D3 utilizou a Epistemologia Genética desenvolvida por Piaget, que estudou os estágios de desenvolvimento humano, e a Teoria Sociointeracionista de Vygotsky que propõe o diálogo e as interações com o outro e com o meio como elemento principal no desenvolvimento sociocognitivo. A D3 trata de uma pesquisa aplicada no terceiro ano do Ensino Médio, ou seja, com estudantes que estariam no último estágio de desenvolvimento de Piaget, no período operatório lógico formal ou abstrato, sendo capazes de transformar o pensamento simbólico e intuitivo em pensamento operatório. O autor da D3 criou um OA com animações interativas, vídeos, explicações, exercícios e aplicativos do Geogebra. Por meio do OA, o estudante constatou seus efeitos e assim avançou no entendimento dos diferentes conceitos que foram apresentados, ou seja, desenvolveu uma aprendizagem nas interações com o OA, com o professor e colegas.

O autor da D11 utilizou a Teoria Histórico-Cultural, ou Sociointeracionista, de Vygotsky, tendo como objetivo “caracterizar os aspectos tipicamente humanos do comportamento e elaborar hipóteses de como essas características se formaram ao longo da história humana e de como se desenvolvem durante a vida de um indivíduo” (VYGOSTSKY, 1984, p. 21 apud REGO, 2007, p. 38). Além da teoria de Vygotsky, foram utilizadas a Teoria da Atividade que, geralmente, é considerada uma continuidade da Teoria Histórico-Cultural; bem como a Teoria do Ensino Desenvolvidor, de Davydov, que tem como bojo central a educação, o ensino e a aprendizagem, permeada por valores culturais, objetivando a compreensão do desenvolvimento humano, a organização do ensino e a formação do pensamento teórico.

## **Em relação aos procedimentos metodológicos**

A metodologia que preponderou foi a Engenharia Didática que esteve em quatro pesquisas (D2, D3, D5 e D10), sendo definida como

[...] uma forma de trabalho didático comparável ao trabalho do engenheiro que, para realizar um projeto, se apoia em conhecimentos científicos da área, aceita se submeter a um controle de tipo científico, mas, ao mesmo tempo, é obrigado a trabalhar objetos mais complexos que os objetos depurados da ciência. (ARTIGUE, 1995 apud ALMOULOU, 2007, p.171).

Outra obra que utiliza citações de Artigue é Pais (2008). Almouloud (2007, p.184) complementa que essa metodologia tem o objetivo de “[...] identificar os fatores que interferem nos processos de ensino e aprendizagem de um dado conceito matemático e a construção de uma sequência didática cujo intuito é proporcionar ao estudante condições favoráveis à aquisição e compreensão desse conceito”.

O estudo de caso foi abordado na D1, que utilizou Ponte para defini-lo, como:

[...] uma investigação particularística, procurando descobrir o que nela há de mais essencial e característico. Um estudo de caso pode com vantagem apoiar-se numa orientação teórica bem definida; além disso, pode seguir uma perspectiva interpretativa, que procura compreender como é o mundo do ponto de vista dos participantes ou uma perspectiva pragmática, procurando simplesmente proporcionar uma perspectiva global, completa e coerente do objecto de estudo (2005, p. 1).

Outra metodologia utilizada foi a Análise de erro, na D7, no qual o autor utilizou Cury (2013) para defini-la como uma abordagem de pesquisa ou uma metodologia de ensino, se for empregada em sala de aula com o objetivo de propiciar que os estudantes questionem suas próprias soluções.

De modo geral observa-se que a abordagem qualitativa preponderou. A D11 justificou a escolha por essa abordagem, pois é pautada na “[...] compreensão dos comportamentos a partir da perspectiva dos sujeitos da investigação” (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 16). As outras pesquisas (D4, D6, D8, D9 e D13) não explicitaram a metodologia adotada, mas observou-se a preponderância de pesquisas qualitativas, em que os pesquisadores relataram os resultados das atividades desenvolvidas com os estudantes.

## **Em relação às contribuições das produções**

Em relação às sequências didáticas planejadas e/ou aplicadas observa-se a preponderância da abordagem geométrica dos números complexos, com o auxílio de *softwares* (D1, D2, D3, D4, D5, D6, D8, D10 e D11). A utilização de *softwares* de geometria dinâmica permite que o estudante interaja, analise e compreenda o movimento dos números complexos no plano de Argand-Gauss, em decorrência das operações, algo que seria difícil de ser compreendido sem recursos tecnológicos. As pesquisas mapeadas convergem para um mesmo resultado: o uso das tecnologias é um grande aliado no processo de ensino, pois instiga e envolve os estudantes na compreensão de conteúdos

matemáticos, sendo eles algébricos ou geométricos. A única pesquisa que abordou as potencialidades do *software* foi a D11, que reconheceu que o Geogebra foi importante, devido a sua estrutura didática e pedagógica, por permitir a movimentação e visualização dos objetos matemáticos (construções não estáticas), além de relacionar álgebra e geometria, proporcionando aos estudantes uma percepção diferente da Matemática.

Além de *softwares*, o ensino contextualizado foi utilizado nas pesquisas D1, D6, D7, D8 e D9 para dar sentido ao estudo de números complexos. Dessa forma, com as atividades contextualizadas, os números complexos são apresentados de uma forma bidimensional, permitindo que outros assuntos sejam abordados sem causar estranhamento em relação a esse tipo de número, como, por exemplo: a análise de circuitos elétricos em corrente alternada; o cálculo de diferença de potencial; a análise em frequência de sistemas de controle; o comportamento dos filtros passivos e ativos e na aerodinâmica. Nessa perspectiva, os autores de D8 e D9 apresentam textos teóricos que relacionam números complexos com outras áreas de conhecimento, adicionado a exemplos de análises de circuitos elétricos em corrente alternada. Sendo assim, pode-se constatar que poucos educadores conseguem desenvolver uma prática interdisciplinar, sendo esse um grande desafio para os professores de todos os níveis de ensino.

Em algumas produções, houve a preocupação em justificar o tema de pesquisa, seja o planejamento de uma sequência didática sobre números complexos ou a utilização de um *software*. Por exemplo, nas pesquisas D2, D3, D7, D9 e D11 foram analisados livros didáticos, e constatou-se que a maioria não explora interpretações geométricas dos números complexos e nem atividades contextualizadas.

Provavelmente, a forma como o livro didático aborda os números complexos acabou refletindo na pesquisa D3, em que a autora entrevistou 20 professores que lecionam esse conteúdo. Os resultados das entrevistas mostram que mais de 50% dos professores iniciam o estudo de números complexos por meio de uma revisão de conjuntos numéricos; somente um contextualizava no plano cartesiano; apenas um dos professores mencionou que os estudantes não apresentam dificuldades nesse conteúdo. Porém, quando a autora da D3 ensina números complexos, os principais questionamentos dos estudantes não recaem sobre conceitos ou operações e sim sobre a sua aplicação em problemas. Esse foi o fator que motivou o estudo dessa pesquisa D3.

Enquanto alguns buscam justificar o tema da pesquisa por meio da análise de livros didáticos ou de relatos de professores e estudantes do Ensino Médio, o autor da D9 justifica por considerar os números complexos um conhecimento base em alguns cursos do Ensino Superior, sendo necessário intensificar e estudar suas aplicações por meio de exercícios contextualizados. A pesquisa D5 corrobora com essa ideia, pois evidencia que o conhecimento de números complexos dos acadêmicos do Ensino Superior, bem como do Ensino Médio, é ínfimo em relação à necessidade daqueles que seguirão seus estudos na área das Ciências Exatas. Assim, percebe-se que são vários fatores que podem justificar a relevância de estudar os números complexos.

Já a pesquisa D13 trouxe o contexto problemático apresentado na introdução deste estudo, a defasagem de conhecimento sobre números complexos que é pré-requisito para

o curso de Circuitos Elétricos II, sendo que esse conteúdo não faz parte do programa do semestre letivo. Dessa forma, o acadêmico de Engenharia precisa aplicar os conceitos operacionais de números complexos durante os estudos de Circuitos Elétricos II. Assim, o autor propõe a utilização do Moodle para recuperar as lacunas de aprendizagem dos conhecimentos matemáticos, para que durante a aula o professor possa seguir o programa da disciplina sem interrupções.

Por fim, a pesquisa D5 apresenta a informação que os PCN difundiram erroneamente a informação de que os números complexos devem ser descartados, pois não estabelecem relação com outras disciplinas do currículo do Ensino Médio e nem mesmo com a Matemática. Essa informação se destaca negativamente, pois várias pesquisas mapeadas mostram possíveis articulações dos números complexos com a geometria ou com conhecimentos da física e da elétrica. Complementando essa informação, a Revista Veja (WEINBERG; BORSATO, 2009) aponta que: “O Inep informa que ficaram de fora da prova de matemática, por exemplo, temas como números complexos, matrizes e determinantes”.

### **Algumas confluências**

A análise realizada indica poucos recursos para ensinar os números complexos no Ensino Superior, sendo que uma pesquisa foi aplicada no Ensino Superior na disciplina de Cálculo, um projeto piloto e dois estudos foram aplicadas no Ensino Médio Técnico nos cursos de eletrônica e eletroeletrônica. Nas três pesquisas aplicadas, os estudantes que participaram haviam estudado números complexos, diferente do panorama apresentado na introdução e na D13, em que acadêmicos de Engenharia não reconhecem e não sabem operar com esse tipo de número.

Na pesquisa de Puhl (2016), professores de Engenharia Elétrica da Universidade de Caxias do Sul (UCS) revelaram a defasagem que os acadêmicos tinham com relação a operações com números complexos e à compreensão de conceitos necessários na resolução de problemas na área da elétrica. Muitos ingressantes de Engenharia não apresentam o conhecimento necessário de números complexos para aplicá-los nas disciplinas cujo foco é a análise de circuitos elétricos, sendo que nunca estudaram ou realizaram operações com tais números (MORALES; PUHL; LIMA, 2013).

Outro problema enfrentado por esses professores universitários é a falta de uma disciplina, ou algum período específico, para ensinar conceitos e operações com números complexos. Em todos os semestres, os professores notam que a maioria dos estudantes desconhece esse conteúdo, sendo necessário abordar os conceitos principais para a disciplina, em geral as operações e as transformações de coordenadas, por meio de explicações que variam de 15 a 30 minutos. Esse contexto, de lacunas de aprendizagem e da falta de uma disciplina para ensinar esse conteúdo, foi tema da pesquisa D13.

As tecnologias podem auxiliar os professores a resolverem esse problema, utilizando, por exemplo, um OA. Porém, somente as tecnologias não resolvem os problemas da educação. Nesse aspecto, concorda-se com os pressupostos teóricos

apresentados na D7, em que as tecnologias não podem ser utilizadas somente para substituir o giz e o quadro negro ou uma aula expositiva (MASSETO, 2013). Um modo de tornar o recurso tecnológico mais eficaz é desenvolvê-lo ou utilizá-lo segundo teorias construtivistas ou interacionais. As pesquisas D3 e D11 utilizaram teorias educacionais, como Vygotsky, Piaget e Davydov para o desenvolvimento das atividades em sala de aula, mas não houve a construção de um OA nessas pesquisas.

Entre as pesquisas mapeadas, a D13 é que se aproxima como alternativa para o problema apresentado por Puhl (2016). Ambas possuem o mesmo contexto de aplicação, porém na D13 não houve nenhuma preocupação didática e é um curso voltado somente aos estudantes de Circuitos Elétricos II da Universidade de Santa Úrsula. A tecnologia, por meio do AVA, está presente, porém a forma como é abordada não apresenta indícios da construção de conhecimento, mas sim, da transmissão de informações por meio de leituras, ou seja, o material disponível no AVA somente substitui o giz e o quadro negro ou uma aula expositiva. Não se trata de questionar a atitude do autor ao propor o ensino somente expositivo, pois seu objetivo foi de analisar os AVA's AulaNet, Moodle e TelEduc, selecionando o mais adequado para a implementação na Universidade Santa Úrsula. Dessa forma, o curso, provavelmente, foi adendo da pesquisa, sendo um projeto piloto, que ainda não foi aplicado em nenhuma turma de Circuitos Elétricos II.

Diante do cenário educacional apresentado, no papel de educadores do século XXI, alguns professores não estão satisfeitos em ensinar a, somente, operar com números complexos de uma forma sem significado, sendo essa uma preocupação presente em todas as dissertações mapeadas. Um OAM pode criar um ambiente reflexivo e interativo, propício para a compreensão de conceitos e operações com números complexos, agregando significado ao conteúdo, desde que seja desenvolvido segundo uma teoria de aprendizagem construtivista.

## **Considerações finais**

Esta pesquisa consistiu de um mapeamento de treze dissertações disponíveis no Banco de Teses da CAPES, cujos conceitos principais utilizados foram “números complexos”, “ensino” e “circuitos”; “números complexos”, “ensino” e “engenharia”; “números complexos” e “tecnologias”; “números complexos” e “corrente alternada”; “números complexos” e “ensino superior”; e “números complexos” e “objeto de aprendizagem”. O objetivo da atual pesquisa foi identificar o estado do conhecimento de pesquisas sobre objetos de aprendizagem para o ensino de números complexos no Ensino Superior, conhecendo os recursos disponíveis, verificando as diferentes concepções, teorias educacionais, metodologias de pesquisas e abordagens planejadas e/ou aplicadas. Ressalta-se que esse é um recorte sobre o tema, analisando conceitos considerados relevantes nas dissertações, que poderiam resultar em percepções e conclusões diferentes, caso fossem analisadas outras produções.

As pesquisas analisadas mostram uma prevalência na investigação e na avaliação de atividades didáticas para o ensino de números complexos, principalmente para o Ensino Médio, no qual as tecnologias são utilizadas para facilitar a abordagem geométrica



do conteúdo. A integração entre tecnologias, geometria e números complexos proporcionou resultados satisfatórios, em todas as pesquisas, em relação às aprendizagens desenvolvidas. Contudo, mesmo envolvendo investigações sobre processo de aprendizagem, poucas pesquisas utilizaram como pressupostos teóricos teorias de aprendizagem, sendo uma característica essencial para que, realmente, as tecnologias qualifiquem os processos de ensino e de aprendizagem.

Além disso, há poucas pesquisas que envolvem o ensino de números complexos no Ensino Superior, visto que foi encontrada apenas uma que foi aplicada em uma disciplina de Cálculo. Em virtude disso, não se encontrou nenhuma pesquisa e nenhum recurso tecnológico que possa auxiliar na resolução do problema apontado por Puhl (2016).

Portanto, verificou-se que nesse intervalo de tempo nenhuma pesquisa em nível de mestrado e doutorado, disponível no Banco de Teses e Dissertações da CAPES, criou e aplicou um OA para a aprendizagem de números complexos com acadêmicos de Engenharia que nunca estudaram esse conteúdo. Desse modo, têm-se indícios da possibilidade de realizar uma investigação inédita, criando um OA, fundamentado em teorias de aprendizagem ativa e significativa, que propicie a compreensão dos conceitos e operações com números complexos para os acadêmicos de Engenharia Elétrica.

## Referências

- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimento**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Paralelo, 2003.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Ed. rev. e ampl. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BARIN, C. S.; BASTOS, G. D.; MARSHALL, D. A elaboração de material didático em ambientes virtuais de ensino-aprendizagem: o desafio da transposição didática. **Renote**, Porto Alegre, v. 11, n. 1, 2013.
- BIEMBENGUT, M. S. **Mapeamento na Pesquisa Educacional**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.
- BONWELL, C. C.; EISON, J. A. **Active learning**: Creating excitement in the classroom. Washington, D.C: The George Washington University, School of Education and Human Development. 1991.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**: Educação é base. 2017a. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 12 maio 2017.
- \_\_\_\_\_. **Base Nacional Comum Curricular**: Educar é a base. Brasília: MEC, 2017b.
- \_\_\_\_\_. **CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior**. 2017c. Disponível em: <http://www.capes.gov.br>. Acesso em: 14 maio 2017.

- BÚRIGO, E. Z. et al. **A matemática na escola: novos conteúdos, novas abordagens.** Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2012.
- FERLIN, E. P.; TOZZI, M. Integração Universidade – Ensino Médio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 35., 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2007.
- LIMA, J. V. de et al (Org.). **Objetos de aprendizagem multimodais: projetos e aplicações.** Barcelona: Editorial UOC, 2014.
- MASSETO, M. T. Mediação Pedagógica e Tecnologias de Informação e Comunicação. In: MORAN, J. M.; MASSETO, M. T.; BEHRENS, M. A. (Org.). **Novas tecnologias e mediação pedagógica.** 21<sup>o</sup> Campinas: Papirus, 2013.
- MIRAS, M. Um ponto de partida para a aprendizagem de novos conteúdos: os conhecimentos prévios. In: COLL, C. et al. **O construtivismo na sala de aula.** 6. ed. São Paulo: Ática, 1999.
- MORALES, A.; PUHL, C. S.; LIMA, I. G. de. Números complexos e corrente alternada: um contexto interdisciplinar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 41., 2013, Gramado. **Anais...** Gramado: UFRGS, 2013.
- MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa. In: MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares.** São Paulo: Livraria de Física, 2011.
- MOREIRA, M. A.; MASINI, E. A. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel.** 2. ed. São Paulo: Centauro, 2006.
- MORENO, A. C. Brasil cai em ranking mundial de educação em ciências, leitura e matemática. **G1.** Dez. 2016.
- PUHL, C. S.; LIMA, I. G. de. From Vectors to the Complex Numbers. In: Active Learning in Engineering Education Workshop, 12., 2014, Caxias do Sul. **Attracting young people to engineering.** Brasília: ABENGE, 2014.
- TAROUCO, L. M. R. et al. Multimídia Interativa: Princípios e Ferramentas. **Renote,** Porto Alegre, v. 7, n. 1, 2009.
- RODRIGUES, L. A.; NEVES, R. S. P. O Cálculo Diferencial e Integral na Universidade de Brasília: estratégia metodológica em estudo. **REnCiMa,** v. 10, n. 2, 2019.
- SALDANÃ, P. Desempenho do ensino médio em matemática é o pior desde 2005. **Folha de São Paulo.** Set. 2016.
- SOARES, E. M. S.; LIMA, I. G.; SAUER, L. Z. Melhoria das condições de aprendizagem matemática: integração universidade/ensino médio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 35., 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2007.
- VELOSO, T. C. M. A.; ALMEIDA, E. P. de. Evasão nos cursos de graduação da Universidade Federal de Mato Grosso, campus universitário de Cuiabá – um processo de

exclusão. **Série-Estudos - Periódico do Programa de Pós-Graduação em Educação da UCDB**, nov. 2013.

WEINBERG, M.; BORSATO, C. A chave para a faculdade: O novo Enem, exame que vai substituir o velho vestibular, exige mais raciocínio do que memória. **Revista Veja**. Editora Abril: São Paulo, 23 set. 2009.

WILEY, D. **The instructional use of learning objects**. 2000. Disponível em: <http://reusability.org/read/>. Acesso em: 21 maio 2017.