

Mapeamento em anais de eventos: a busca por objetos de aprendizagem para o ensino de números complexos na Engenharia Elétrica

Mapping in conference proceedings: the search for learning objects for teaching complex numbers in Electrical Engineering

Cassiano Scott Puhl

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS)
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, Porto Alegre, RS, Brasil
c.s.puhl@hotmail.com

Tháisa Jacintho Müller

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS)
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, Porto Alegre, RS, Brasil
thaisamuller@gmail.com

Informações do Artigo



Histórico do Artigo

Submissão: 25 de agosto de 2017.
Aceite: 23 de outubro de 2017.

Palavras-chave

Números Complexos
Mapeamento Teórico
Engenharia Elétrica
Objeto de Aprendizagem

Keywords

Complex Numbers
Theoretical Mapping
Electrical Engineering
Learning Object

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. A busca se limitou a alguns dos principais eventos nas áreas de ensino de Matemática, ensino de Engenharia e da Informática na Educação, encontrando-se 28 artigos, resultado do levantamento realizado por meio das palavras/expressões “Números Complexos” ou “Variáveis Complexas”. Em continuidade, a partir da leitura na íntegra dos artigos, estes foram classificados em: “Números Complexos e práticas de ensino no Ensino Médio com o uso de recursos digitais”; “Números Complexos e práticas de ensino no Ensino Médio sem o uso de recursos digitais”; “Números Complexos e suas aplicações nas Engenharias”; “Números Complexos e suas aplicações na Matemática”; “Números Complexos e seu uso em calculadoras”; “Números Complexos e suas dificuldades”; e “Números Complexos e os livros didáticos”. Dessa forma, foram selecionados 14 artigos, que são analisados neste mapeamento, em que não se constatou nenhuma pesquisa para ensinar números complexos no Ensino Superior, mas algumas mostrando a utilidade dos números complexos nas Engenharias Civil, Elétrica e Física.

Abstract

This article presents a theoretical mapping of Brazilian research on learning objects for the teaching of Complex Numbers in Higher Education, searching for applied studies in the area of Electrical Engineering. The search was limited to some of the main events in the area of: Mathematics teaching, Engineering teaching and Informatics in Education. It was found 28 articles, result of the survey carried out by means of the words/expressions "Complex Numbers" or "Complex Variables". In continuity, from the full reading of the articles, they were categorized in: "Complex numbers and teaching practices in high school with the use of digital resources"; "Complex numbers and teaching practices in high school without the use of digital resources"; "Complex Numbers and their Applications in Engineering"; "Complex Numbers and Their Applications in Mathematics"; "Complex numbers and their use in calculators"; "Complex numbers and their difficulties"; and "Complex Numbers and Textbooks". Thus, we selected 14 articles that are analyzed in this mapping, in which we found no research to teach complex numbers in Higher Education, but some showing the usefulness of complex numbers in Civil, Electrical and Physical Engineering.

1. Introdução

O estudo dos números complexos vem ganhando importância no cenário educacional e um indício dessa afirmação é o aumento significativo do número de produções acadêmicas nos últimos anos. Segundo o levantamento realizado no Banco de Teses e Dissertações da CAPES no período de 2012 até julho de 2017, foram publicados 152 trabalhos acadêmicos sobre números complexos, de um total de 185, representando 82% das publicações.

Ao consultar o repositório da CAPES, o sistema de busca procura a expressão “números complexos” nos seguintes campos: título, palavras-chave, área de conhecimento, linha de pesquisa e resumo. Assim, alguns trabalhos podem não ter como tema principal os números complexos, motivo pelo qual decidiu-se não utilizar esse repositório para fazer o mapeamento. Buscou-se, então, em alguns dos principais eventos na área do Ensino de Matemática, do Ensino de Engenharia e da Informática na Educação, sob a hipótese de que as publicações em eventos abrangem uma quantidade maior de trabalhos, tendo não somente resultados de pesquisas de mestrado ou doutorado.

O objetivo deste trabalho é identificar o estado do conhecimento de pesquisas sobre objetos de aprendizagem para o ensino de números complexos no Ensino Superior, principalmente nas engenharias, por meio de um mapeamento teórico. O mapeamento teórico permite que o pesquisador conheça produções acadêmicas, verificando metodologias, estratégias didáticas, os resultados e as contribuições das pesquisas realizadas. Desta forma, permite que a comunidade acadêmica dê continuidade a pesquisas ou aprimore um novo estudo (BIEMBENGUT, 2008).

A delimitação do tema ocorreu no decorrer da pesquisa de mestrado do presente autor desse artigo (PUHL, 2016), em que se aplicou um questionário aos estudantes de Engenharia e observou-se a defasagem em relação aos conhecimentos sobre números complexos. A amostra da pesquisa realizada foi composta por 103 estudantes de Engenharia, tendo sido obtidos alguns dados preocupantes, como os seguintes: apenas 26% dos estudantes souberam efetuar a adição de números complexos; 3% os multiplicaram corretamente; e ninguém acertou o cálculo da divisão sem o auxílio de uma calculadora científica que opera com números complexos. Porém, a grande maioria, 102 dos 103 estudantes, afirmaram que gostariam de contar com um recurso tecnológico para recuperar conhecimentos sobre números complexos.

A falta de conhecimento por parte dos estudantes de Engenharia, provavelmente é decorrente da não abordagem ou da abordagem sem significado dos números complexos no Ensino Médio. Assim, sugere-se a utilização de recursos digitais, um objeto de aprendizagem multimodal, para auxiliar os professores universitários e os estudantes de Engenharia na compreensão dos conceitos e operações com números complexos para, posteriormente, aplicar esse conhecimento nas áreas das engenharias, principalmente da Engenharia Elétrica.

Nesse sentido, fez-se um levantamento dos trabalhos publicados em alguns eventos científicos sobre o ensino e a aplicação dos números complexos. Inicialmente, tinha-se a ideia de

restringir para estudos decorrentes na área da Engenharia Elétrica utilizando recursos tecnológicos, porém com as poucas produções encontradas, decidiu-se não levar esse critério em consideração. Assim, a seguir será relatada a forma como ocorreu o levantamento dos eventos e dos artigos selecionados (identificação), classificando e descrevendo, resumidamente, as ideias e conceitos mais relevantes (classificação e organização). E, por fim, uma análise das produções mapeadas (reconhecimento e análise), considerando aspectos relevantes, como os tipos de pesquisas, o público-alvo e as contribuições consideradas relevantes para esse trabalho.

2. Identificação

Neste trabalho mapearam-se as produções acadêmicas apresentadas em eventos das áreas de ensino de Matemática, ensino de Engenharia e da Informática na Educação. A escolha dessas áreas justifica-se pelo escopo do trabalho, cujo objetivo é identificar o estado do conhecimento de pesquisas sobre objetos de aprendizagem para o ensino de números complexos no Ensino Superior, principalmente nas Engenharias. Desta forma, buscou-se conhecer os recursos disponíveis, verificando as diferentes concepções teóricas e abordagens planejadas e/ou aplicadas.

Analisar todos os eventos nessas áreas é impraticável. Assim, na área do Ensino de Matemática selecionaram-se três eventos promovidos pela Sociedade Brasileira de Educação Matemática (SBEM), sendo estes de reconhecimento nacional: o Encontro Nacional de Educação Matemática (ENEM), pesquisado no período de 1992 até 2016; o Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática (SIPEM), com recorte no período de 2000 até 2016; e o V Fórum Nacional das Licenciaturas em Matemática, ocorrido em 2014. Além desses três eventos, selecionou-se o VI Congresso Internacional de Ensino da Matemática (CIEM) e o VII Congresso Ibero-americano de Educação Matemática (CIBEM), ambos ocorridos em 2013. Destaca-se que se pretendia analisar mais edições do Fórum Nacional das Licenciaturas em Matemática, do CIEM e do CIBEM, porém somente as edições do recorte estão disponíveis virtualmente.

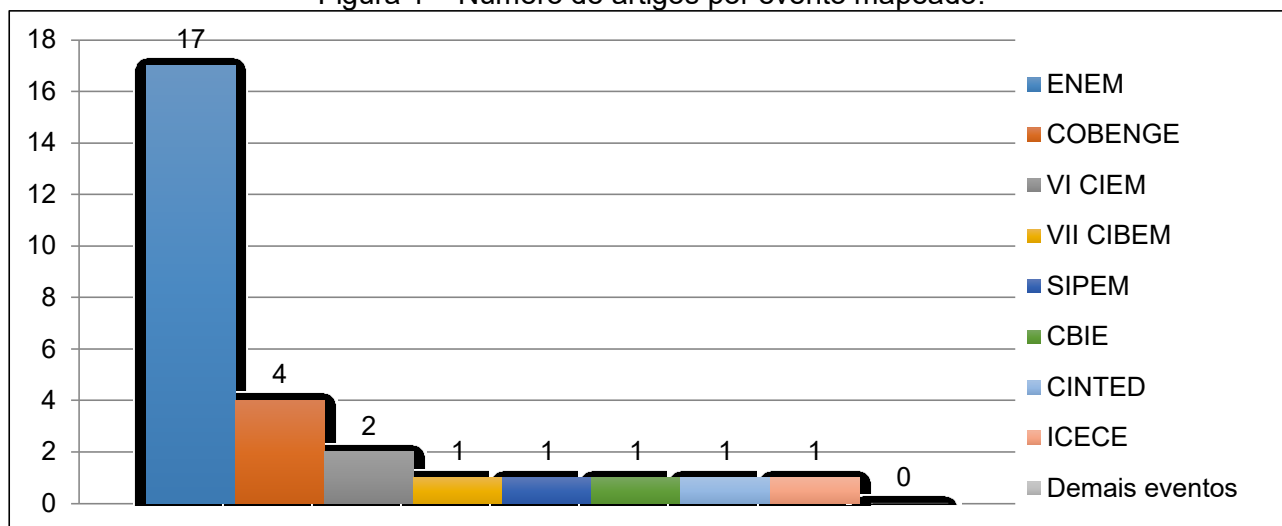
Na área da Informática na Educação, selecionaram-se dois eventos promovidos pela Sociedade Brasileira de Computação (SBC) que são: o Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE), com recorte entre 2001 e 2016; e o Congresso Internacional ABED de Educação a Distância (CIAED), de 2001 até 2016. Além desses eventos, optou-se também pela Conferência Internacional sobre Informática na Educação (TISE) e pelo Ciclo de Palestras Novas Tecnologias na Educação, promovido pelo Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação (CINTED) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), ambos no período de 2003 até 2016.

Na área de Ensino de Engenharia, selecionou-se o evento promovido pela Associação Brasileira de Educação de Engenharia (ABENGE), o Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE), de 1999 até 2016, bem como o Congresso Internacional em Educação em Engenharia e Computação (ICECE), de 2000 a 2015. Em relação ao período analisado dos

eventos na área de Ensino de Engenharia e da Informática na Educação, não há uma uniformidade, pois o intervalo de tempo foi definido pela disponibilidade virtual dos respectivos anais.

Desta forma, selecionaram-se onze eventos para o mapeamento, analisando os diferentes tipos de trabalhos – comunicação científica, relato de experiência, minicurso, oficina, entre outros – sendo que o levantamento das publicações ocorreu da mesma forma. Nos anais dos eventos buscou-se a expressão “Números Complexos” ou “Variável Complexa” nos títulos dos artigos, totalizando 28 artigos de diferentes tipos de comunicação. A Figura 1 apresenta a relação do número de artigos sobre números complexos em cada evento mapeado.

Figura 1 – Número de artigos por evento mapeado.



Fonte: Elaboração dos autores.

Observa-se que o ENEM se destaca com uma grande quantidade de trabalhos sobre números complexos, representando 61% dos artigos mapeados; e em outros eventos reconhecidos nacionalmente (Fórum Nacional das Licenciaturas em Matemática) e internacionalmente (CIAED e TISE) não foi encontrado nenhum trabalho sobre números complexos. No caso do Fórum Nacional das Licenciaturas em Matemática, possivelmente não tenha sido encontrado nenhum trabalho, por só estarem disponíveis os anais da quinta edição, o que restringe o levantamento, mas isto é apenas uma hipótese.

Visando dar continuidade ao mapeamento, realizou-se a leitura na íntegra dos artigos, classificando-os em: “Números Complexos e práticas de ensino no Ensino Médio com o uso de recursos digitais”; “Números Complexos e práticas de ensino no Ensino Médio sem o uso de recursos digitais”; “Números Complexos e suas aplicações nas Engenharias”; “Números Complexos e suas aplicações na Matemática”; “Números Complexos e seu uso em calculadoras”; “Números Complexos e suas dificuldades”; e “Números Complexos e os livros didáticos”. O Quadro 1 apresenta o resultado da quantidade de artigos nas suas respectivas classes.

Estabelecidas as classes, analisaram-se as produções acadêmicas referentes aos temas: “Números Complexos e práticas de ensino no Ensino Médio, com o uso de recursos digitais”, “Números Complexos e suas aplicações na Engenharia” e “Números Complexos e suas

dificuldades”. A escolha dessas classes deve-se ao objetivo deste trabalho, que é mapear estudos que envolvam a aprendizagem e a aplicação dos números complexos na área da Engenharia Elétrica por meio de recursos tecnológicos. Porém, destaca-se que a última classe, “Números Complexos e suas dificuldades”, foi escolhida para identificar quais as principais dificuldades encontradas pelos estudantes e professores, dando-se atenção a esses aspectos, buscando a criação de um objeto de aprendizagem virtual (OA) que saiba abordar as dificuldades mencionadas.

Quadro 1 – Categorização dos temas das pesquisas desenvolvidas.

<i>Tema</i>	<i>Quantidade</i>
Números Complexos e práticas de ensino no Ensino Médio, com o uso de recursos digitais	6
Números Complexos e práticas de ensino no Ensino Médio, sem o uso recursos digitais	5
Números Complexos e suas aplicações na Matemática	5
Números Complexos e suas dificuldades	5
Números Complexos e seu uso em calculadoras	3
Números Complexos e suas aplicações nas Engenharias	3
Números Complexos e os livros didáticos	1

Fonte: Elaboração dos autores.

3. Classificação e Organização

Por meio do mapeamento definiram-se os trabalhos que foram analisados, totalizando 13 artigos. O Quadro 2 foi organizado para apresentar, em ordem cronológica, as referências bibliográficas, sendo possível verificar os autores, o título da produção, o ano da publicação, o evento e em que classe o artigo se enquadrou (EEM: Números Complexos e práticas de ensino no Ensino Médio, com o uso de recursos digitais; AE: Números Complexos e suas aplicações na Engenharia; e D: Números Complexos e suas dificuldades).

Nesta etapa, por meio da leitura dos artigos, estabeleceu-se a relação entre os pontos comuns convergentes, divergentes e potenciais da atual pesquisa. Assim, não se pretende fazer um resumo ou síntese das dissertações mapeadas, mas identificar os tópicos considerados relevantes para a atual pesquisa, como: evento de publicação, tipo de trabalho, palavras-chave, objetivo geral, público alvo e síntese do trabalho. A seguir serão apresentados os dados coletados, conforme a categorização realizada, trazendo os conceitos relevantes em quadros, para posteriormente fazer a análise. As citações utilizadas referem-se aos respectivos artigos analisadas e, por esse motivo, não constaram no decorrer do presente trabalho, em que preferiu-se utilizar siglas para um melhor entendimento da análise realizada.

Quadro 2 – Relação das produções acadêmicas selecionadas para o mapeamento.

Nº	Referência	Classe
A1	SILVA, Ana Lucia Vaz da; SOUZA, Ana Patrícia Trajano de; BARBOSA, Andreia Maciel; ROBINSON, Marília Nascimento. Uma abordagem geométrica aos números complexos. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 8., 2004, Salvador. Anais... Salvador, 2004.	EEM
A2	FERREIRA, Walnório G.; CAMARGO, Rodrigo S.; FRASSON, Antonio M.; MANSUR, Webe J. O número complexo e seu uso na engenharia estrutural. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 35., 2007, Curitiba. Anais... Curitiba, 2007.	AE
A3	BATISTA, Sílvia Cristina Freitas; BARCELOS, Gilmara Teixeira; COSTA, Débora Maciel da; BEHAR, Patricia Alejandra. Investigando em C: uma unidade de aprendizagem <i>online</i> para estudo de números complexos. In: CICLO DE PALESTRAS SOBRE NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO, 13., 2009, Porto Alegre/RS. Anais... Porto Alegre/RS, 2009.	EEM
A4	BERMEJO, Ana Priscila Borges; MORAES, Mônica Suelen Ferreira de; LIMA, Tatiane Alves; GRAÇA, Vagner Viana da. Dificuldades na aprendizagem dos números complexos. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 10., 2010, Salvador. Anais... Salvador, 2010.	D
A5	BASTOS FILHO, Flávio Aurélio Siqueira. Números complexos: dificuldades apresentadas pelos discentes de uma escola da região metropolitana de Belém acerca de atividades envolvendo a forma algébrica dos números complexos. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 10., 2010, Salvador. Anais... Salvador, 2010.	D
A6	MORALES, Andréa Cantarelli; PUHL, Cassiano Scott; LIMA, Isolda Gianni de. Números complexos e corrente alternada: um contexto interdisciplinar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 41., 2013, Gramado. Anais... Gramado, 2013.	D
A7	VASSALLO NETO, Rafael. O ensino de números complexos. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 11., 2013, Curitiba. Anais... Curitiba, 2013.	D
A8	BARBOSA, Gisele. Desafios e possibilidades de integrar o ensino de números complexos ao uso do <i>software</i> Geogebra. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 11., 2013, Curitiba. Anais... Curitiba, 2013.	EEM
A9	PUHL, Cassiano Scott. Números complexos: rumo a uma aprendizagem significativa. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENSINO DA MATEMÁTICA, 6., 2013, Canoas/RS. Anais... Canoas/RS, 2013.	EEM
A10	ELI, Juliano; BAIER, Tânia. Raízes quadradas de números negativos: concepções de estudantes do ensino médio. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENSINO DA MATEMÁTICA, 6., 2013, Canoas/RS. Anais... Canoas/RS, 2013.	D
A11	STUMP, Sandra M.; ABAR, Celina A. A. P. Objetos de aprendizagem para ensino de circuitos elétricos em regime estacionário com o uso de números complexos em um curso de engenharia elétrica. In: CONGRESSO INTERNACIONAL EM EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA E COMPUTAÇÃO, 8., 2013, Luanda – Angola, 2013.	AE
A12	PINTO, José Eustáquio; LAUDARES, João Bosco. Objeto de Aprendizagem: Ensino dos Números complexos com Aplicações na Área Técnica em Eletroeletrônica. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 6., 2015, Pirenópolis/GO. Anais... Pirenópolis/GO, 2015.	EEM
A13	KAMASSURY, Jorge Kysnney Santos; BARRETO, Andrew Henrique; DUARTE, Wandesson Gomes. Uma breve discussão sobre as aplicações das funções de variável complexa do curso de engenharia física da UFOPA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 44., 2016, Natal. Anais... Natal, 2016.	AE
A14	AMORIM, Tânia Mara; OLIVEIRA, Paulo César. O <i>software</i> Geogebra: uma ferramenta para o ensino dos números complexos. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 12., 2016, São Paulo. Anais... São Paulo, 2016.	EEM

Fonte: Elaboração dos autores.

4. Reconhecimento e Análise

Por meio da leitura minuciosa dos 14 artigos, serão analisados alguns aspectos considerados relevantes, como: os tipos de pesquisas, o público-alvo e as contribuições consideradas relevantes para esse trabalho.

Em relação aos artigos mapeados, observa-se uma preponderância de pesquisas teóricas (A2, A7, A9, A11 e A13) ou levantamento de dados (A4, A5, A6, A10), sendo que os estudos A1, A3, A8, A12 e A14 são voltados ao ensino de números complexos no Ensino Médio ou Ensino Médio Técnico, não tendo nenhuma pesquisa voltada ao ensino de números complexos no Ensino Superior. A maioria dos artigos mapeados, oito (A1, A3, A6, A7, A9, A10, A12 e A14), são publicações referentes ao tema de pesquisa de mestrado.

Em relação aos trabalhos sobre o ensino de números complexos, tem-se: os artigos A1 e A3 foram aplicados para professores e licenciados de Matemática; A8 e A12 para alunos do Ensino Médio Técnico, que já haviam estudado os números complexos; e A14 para alunos do Ensino Médio. Todos os cinco trabalhos abordaram os números complexos sob o enfoque geométrico, afirmando terem resultados satisfatórios em relação às estratégias e *softwares* utilizados.

O artigo A12 abordou, também, a aplicação dos números complexos na análise de circuitos elétricos de corrente alternada, sendo que a maior parte dos aplicativos construídos refere-se à análise de circuitos elétricos de corrente alternada. Ao abordar os números complexos sob o enfoque geométrico, foram utilizados dois *softwares* de Geometria Dinâmica: Tabulae (A1) e Geogebra (A3, A8, A12 e A14). Ressalta-se que as pesquisas A3 e A12, além de utilizarem o Geogebra, criaram, respectivamente, uma unidade de aprendizagem *online* denominada “Investigando em C” e um objeto de aprendizagem denominado “Descomplicando os Complexos”. Outro trabalho que utilizou recursos digitais foi A9, em que se organizou um conjunto de recursos que foram compartilhados e propostos como sugestões de possibilidades metodológicas para a aprendizagem de números complexos. Os recursos compartilhados têm o objetivo de construir o conhecimento para alunos do Ensino Médio ou o objetivo de diminuir e/ou preencher lacunas de aprendizagem para os mesmos e até para os acadêmicos, principalmente da Engenharia Elétrica, onde aplicam os números complexos no conteúdo de correntes alternadas. Destaca-se que o autor desse trabalho é o mesmo do A9.

Em relação às pesquisas selecionadas, observa-se que o público alvo é, principalmente, o Ensino Médio ou Ensino Médio Técnico com dez trabalhos (A1, A3, A4, A5, A7, A8, A9, A10, A12 e A14); e quatro apenas (A2, A6, A11 e A13), visam ao Ensino Superior. Desses trabalhos voltados ao Ensino Superior, dois deles (A2 e A13) têm o objetivo de mostrar o uso dos números complexos nas Engenharia; o A6 é um levantamento de dados em uma turma do curso de Engenharia Elétrica; e o A11 é uma proposta da utilização de objetos de aprendizagem no ensino da análise de circuito de corrente alternada em estado estacionário. Assim, observa-se que cada um dos trabalhos possui o público alvo definido.

O A2 tem o objetivo de mostrar o uso do número complexo aos estudantes de Engenharia Civil. Assim foram resolvidos dois exemplos aplicados nessa área: um mostrando a relação deslocamento-carga, em função da frequência angular, e o outro mostrando a resposta temporal de uma estrutura típica a uma carga que simula uma rajada de vento. Em compensação, o A6 é um levantamento sobre o conhecimento de números complexos que os estudantes de Engenharia Elétrica possuem. A pesquisa mostrou que alguns alunos não conheciam os números complexos e mesmo os que conheciam ou operaram as somas de números complexos tinham apenas uma noção operatória, como é comum em muitos conteúdos de Matemática, que ficam como conhecimentos meramente mecânicos; e nenhum dos estudantes soube identificar a representação na forma polar de um número complexo. Destaca-se que o autor do presente trabalho é coautor do A6. O A13 tinha como objetivo evidenciar as aplicações desse importante ramo da matemática nas áreas da Engenharia Física, mostrando três exemplos de aplicações da teoria das funções de variáveis complexas alinhados com as áreas de materiais, energia e controle e automação.

Em relação aos trabalhos mapeados, o A11 é o que possui mais pontos em comum com a pesquisa que se pretende realizar. Porém, o objetivo do A11 era verificar as possíveis contribuições de objetos de aprendizagem que enfatizam a análise gráfica de informações, equacionadas e resolvidas com números complexos, para a compreensão de circuitos elétricos em um curso de Engenharia Elétrica. Os autores citam duas formas de representações, trigonométrica e fasorial, para a análise de circuito de corrente alternada em estado estacionário. Ao utilizar a representação trigonométrica, os cálculos são trabalhados e abordam conceitos mais amplos, como: equações de identidades trigonométricas e equações diferenciais. Em compensação, na representação fasorial torna-se possível transformar as equações diferenciais que representam um circuito elétrico em equações algébricas e, neste caso, equações algébricas são mais simples para resolver do que equações diferenciais. Desse modo, acredita-se que a mudança de registro, de trigonométrico para fasorial, pode facilitar a manipulação e a visualização. Por fim, a proposta de projeto inclui três fases: inicialmente, a elaboração de material didático teórico, para auxiliar na superação de possíveis dificuldades detectadas, visando promover uma revisão conceitual do conteúdo específico, abordado em aulas teóricas convencionais; num segundo momento, será disponibilizado aos alunos um objeto de aprendizagem interativo, que permite a transição entre as diferentes representações do objeto de estudo desta pesquisa; e, por fim, a avaliação, que poderá ser organizada por questões de múltipla escolha, dissertativas, ou projetos para análise de desempenho de circuitos elétricos.

Um ponto em comum nos quatro artigos (A2, A6, A11 e A13) é a importância da utilização dos números complexos em vários ramos da engenharia moderna, como na dinâmica dos fluidos, eletromagnetismo, mecânica quântica, sistemas dinâmicos, eletrônica, em soluções de vibrações estruturais no domínio da frequência, entre outros.

Em relação às contribuições relevantes, alguns artigos já foram mencionados anteriormente, restando apresentar as contribuições do A4, A5, A7, A10, todos categorizados em “Números

Complexos e suas dificuldades”, sendo que três (A4, A5 e A13) são levantamentos realizados com estudantes, por meio de questionário ou exercícios envolvendo algum conceito de números complexos. Em comum, os artigos sugerem repensar as estratégias utilizadas para abordar o ensino de números complexos, sendo necessário contextualizar o ensino e uma das formas para isso é utilizar a abordagem geométrica aos números complexos, promovendo a articulação da geometria e da álgebra.

No A4 aplicou-se um questionário contendo quatro questões abertas a 36 alunos do primeiro ano do Ensino Médio. As questões tiveram um baixo índice de acertos. Por exemplo, em uma questão que consistia em determinar as raízes de duas equações do segundo grau, apenas três alunos acertaram o problema por completo. Em outra questão, que envolvia as operações de multiplicação e de adição, só quatro acertaram. Dentre os erros, o que mais chamou atenção foi o fato de muitos alunos chegarem a uma expressão que, para eles, seria uma equação do segundo grau, mas na verdade era apenas um polinômio do segundo grau na variável i . Além disso, chegaram a uma expressão correta igualando a zero, o que não é correto.

Na pesquisa A5 foi aplicado um questionário para 41 alunos do primeiro ano do Ensino Médio, composto de cinco questões discursivas que contemplavam apenas os conceitos e operações na forma algébrica dos números complexos. O pouco tempo (aproximadamente 60 minutos) foi apresentado como um motivo para que nenhum aluno tenha conseguido resolver todas as atividades. Entre os conceitos com maior número de alunos com dificuldade estão: a potenciação (48,8%), o conceito de conjugado (36,6%), as operações (31,7%), a interpretação geométrica (22%) e a distinção entre parte real e parte imaginária (7,3%).

O trabalho realizado no A7 não consiste de uma pesquisa com os alunos do Ensino Médio, mas de uma revisão bibliográfica, apresentando que a análise dos livros didáticos e o documento do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio revelam que os números complexos não são explorados satisfatoriamente nos livros didáticos e nas aulas. Nos livros didáticos, geralmente, ocorre a omissão de situações de aplicação e contextualização do conceito de números complexos, como também o contexto histórico é apresentado de forma isolada e desarticulada do corpo de conteúdo do livro. Para o autor, possivelmente, a exclusão dos números complexos do programa de Matemática do Ensino Médio está associada à pouca articulação e contextualização apresentada tanto nos livros didáticos de Ensino Médio quanto na formação deficitária do professor de matemática.

E, por último, o A13 é uma pesquisa aplicada a 116 estudantes de Ensino Médio de quatro escolas localizadas no Vale do Itajaí, em que se buscou identificar a concepção que os estudantes possuíam de uma raiz quadrada de número negativo. Os resultados não são nada animadores, pois 49,1% encontram dificuldades em aceitar a existência de números envolvendo raízes quadradas de números negativos, afirmando que “é impossível”, “não existe” ou “não existe um número que

elevado ao quadrado, dê negativo”. Somente 2,6% respondeu que esse número “não existe nos Reais”.

5. Considerações Finais

Esta pesquisa consistiu de um mapeamento em dez eventos da área de Ensino de Matemática, Ensino de Engenharia e da Informática na Educação, cujas categorias principais foram “Números Complexos” ou “Variável Complexa”. O objetivo da atual pesquisa era identificar o estado do conhecimento de pesquisas sobre objetos de aprendizagem para o ensino de Números Complexos no Ensino Superior, principalmente nas Engenharias. Dessa forma, buscou-se conhecer os recursos disponíveis, verificando as diferentes concepções teóricas e abordagens planejadas e/ou aplicadas. Ressalta-se que esse foi um recorte sobre o tema, analisando alguns conceitos considerados relevantes nas dissertações, que poderiam resultar em percepções e conclusões diferentes, caso fossem analisadas outras produções.

Segundo os autores do A13, não é exagero afirmar que se trata de uma área nobre, de grande tradição matemática e, ao mesmo tempo, com notável vitalidade, refletida na intensa atividade de pesquisa que se desenvolve nos dias atuais. Porém, mesmo sendo uma área nobre e que promove atividades de pesquisas, não foi encontrado nesse mapeamento nenhum artigo e/ou recurso para ensinar os números complexos no Ensino Superior. Os trabalhos A11 e A12 são o mais próximo do buscado, porém, ambos têm aspectos divergentes com o contexto apresentado na introdução deste artigo.

O artigo A11 aborda o mesmo conteúdo da Engenharia Elétrica, a análise de circuito de corrente alternada com a utilização de objetos de aprendizagem. Esse trabalho parece um projeto de pesquisa, pois apresenta um contexto muito vago e descreve etapas a serem realizadas, não tendo nenhum levantamento de dados ou pesquisa realizada. Por exemplo, propõe-se a utilização de objetos de aprendizagem, mas não faz referência a que recurso didático utilizará, se serão simulações computacionais, animações, recursos interativos, jogos ou *softwares* de geometria dinâmica. Uma constatação dos autores é que a forma fatorial facilita a manipulação e a análise dos circuitos elétricos de corrente alternada, sendo necessário conhecimento sobre números complexos, porém não relatam se os objetos de aprendizagem terão o objetivo de suprir as possíveis defasagens dos alunos nesse conhecimento. Essa perspectiva da defasagem dos alunos de Engenharia é um cenário bem provável que aconteça, como apontam os pesquisadores do A6 e A7.

O artigo A12 não foi aplicado na Engenharia Elétrica, mas no Ensino Médio Técnico no curso de eletroeletrônica, não explicitando a forma como ocorreu essa aplicação e nem indícios do desenvolvimento de aprendizagem. O trabalho descreveu os ambientes construídos no objeto de aprendizagem e os dados referentes à categorização dos erros cometidos pelos estudantes. Além disso, aparentemente, dá uma ênfase maior na análise dos circuitos elétricos de corrente alternada

do que no ensino de números complexos, sendo que apenas duas atividades são voltadas ao ensino de números complexos, servindo mais como uma revisão de conceitos e operações, pois dificilmente um aluno aprenderá conceitos, representações e operações com números complexos com apenas duas atividades. Esse aspecto difere do proposto na introdução desse trabalho, pois se pretende desenvolver os conceitos de números complexos e análise de circuitos elétricos de corrente alternada juntos, sem dar uma importância maior para determinado conteúdo. É evidente que em determinada parte do objeto de aprendizagem construído será abordado com maior ênfase os números complexos, para posteriormente abordar com a mesma importância os conceitos da análise de circuitos elétricos de corrente alternada.

O contexto do não reconhecimento dos números complexos por estudantes de Engenharia Elétrica foi exposto no A6. Complementando a pesquisa A6, o autor do A7 afirmou que os números complexos estão em uma situação, um tanto paradoxal: de um lado, não são estudados adequadamente no Ensino Superior por serem considerados conhecimento básico e, de outro, são evitados no Ensino Médio por serem considerados pouco necessários e inúteis. Talvez, a justificativa para essa situação seja a abordagem pouco significativa e contextualizada dos números complexos. Esse cenário de instabilidade motiva para a continuidade desse estudo, na possibilidade de desenvolver um objeto de aprendizagem que possa auxiliar os estudantes do Ensino Superior, principalmente da Engenharia Elétrica, por meio de uma abordagem significativa e contextualizada.

Portanto, por meio do mapeamento teórico, verificou-se que nesse intervalo de tempo nenhum trabalho foi apresentado nos dez eventos nacionais e internacionais selecionados, cujo objetivo fosse aplicar uma estratégia de aprendizagem no Ensino Superior, muito menos de criar, aplicar e analisar um objeto de aprendizagem para a aprendizagem de números complexos com alunos de Engenharia que nunca tiveram acesso a esse conhecimento. Dessa forma, têm-se indícios da possibilidade de realizar uma pesquisa inédita, cujo objetivo seria criar um objeto de aprendizagem para servir como recurso de aprendizagem de números complexos, de uma forma ativa e significativa, no Ensino Superior para alunos de Engenharia Elétrica.

Referências

AMORIM, Tânia Mara; OLIVEIRA, Paulo César. O software Geogebra: uma ferramenta para o ensino dos números complexos. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 12., 2016, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2016.

BARBOSA, Gisele. Desafios e possibilidades de integrar o ensino de números complexos ao uso do software Geogebra. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 11., 2013, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2013.

BASTOS FILHO, Flávio Aurélio Siqueira. Números complexos: dificuldades apresentadas pelos discentes de uma escola da região metropolitana de Belém acerca de atividades envolvendo a forma algébrica dos números complexos. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 10., 2010, Salvador. **Anais...** Salvador, 2010.

BATISTA, Sílvia Cristina Freitas; BARCELOS, Gilmara Teixeira; COSTA, Débora Maciel da; BEHAR, Patricia Alejandra. Investigando em C: uma unidade de aprendizagem online para estudo de números complexos. In: CICLO DE PALESTRAS SOBRE NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO, 13., 2009, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2009.

BERMEJO, Ana Priscila Borges; MORAES, Mônica Suelen Ferreira de; LIMA, Tatiane Alves; GRAÇA, Vagner Viana da. Dificuldades na aprendizagem dos números complexos. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 10., 2010, Salvador. **Anais...** Salvador, 2010.

BIEMBENGUT, M. S. **Mapeamento na Pesquisa Educacional**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

ELI, Juliano; BAIER, Tânia. Raízes quadradas de números negativos: concepções de estudantes do ensino médio. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENSINO DA MATEMÁTICA, 6., 2013, Canoas. **Anais...** Canoas, 2013.

FERREIRA, Walnório G.; CAMARGO, Rodrigo S.; FRASSON, Antonio M.; MANSUR, Webe J. O número complexo e seu uso na engenharia estrutural. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 35., 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2007.

KAMASSURY, Jorge Kysney Santos; BARRETO, Andrew Henrique; DUARTE, Wandesson Gomes. Uma breve discussão sobre as aplicações das funções de variável complexa do curso de engenharia física da UFOPA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 44., 2016, Natal. **Anais...** Natal, 2016.

MORALES, Andréa Cantarelli; PUHL, Cassiano Scott; LIMA, Isolda Gianni de. Números complexos e corrente alternada: um contexto interdisciplinar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 41., 2013, Gramado. **Anais...** Gramado, 2013.

PINTO, José Eustáquio; LAUDARES, João Bosco. Objeto de Aprendizagem: Ensino dos Números complexos com Aplicações na Área Técnica em Eletroeletrônica. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 6., 2015, Pirenópolis. **Anais...** Pirenópolis, 2015.

PUHL, C. S. **Números complexos: interação e aprendizagem**. 2016. 244f. Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ucs.br/xmlui/handle/11338/1144>>. Acesso em: 22 jun. 2017.

PUHL, Cassiano Scott. Números complexos: rumo a uma aprendizagem significativa. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENSINO DA MATEMÁTICA, 6., 2013, Canoas. **Anais...** Canoas, 2013.

SILVA, Ana Lucia Vaz da; SOUZA, Ana Patrícia Trajano de; BARBOSA, Andreia Maciel; ROBINSON, Marília Nascimento. Uma abordagem geométrica aos números complexos. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 8., 2004, Salvador. **Anais...** Salvador, 2004.

STUMP, Sandra M.; ABAR, Celina A. A. P. Objetos de aprendizagem para ensino de circuitos elétricos em regime estacionário com o uso de números complexos em um curso de engenharia elétrica. In: CONGRESSO INTERNACIONAL EM EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA E COMPUTAÇÃO, 8., 2013, **Anais...** Luanda – Angola, 2013.

VASSALLO NETO, Rafael. O ensino de números complexos. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 11., 2013, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2013.