ISSN: 2358-8829

APLICAÇÃO DE NÚMEROS COMPLEXOS NO ENSINO DE GEOMETRIA DO ENSINO MÉDIO

Victor Miranda de Amorim e Silva[1]
Gabriela Lucheze de Oliveira Lopes[2]

INTRODUÇÃO

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de natureza qualitativa, do tipo estado do conhecimento, com o objetivo de mapear e analisar as dissertações do PROFMAT que abordam o uso dos números complexos no ensino da geometria no Ensino Médio.

Conforme apontam Romanowski e Ens (2006), o estado do conhecimento consiste no levantamento e análise de produções em uma determinada área do saber, com o objetivo de identificar aspectos e dimensões que vêm sendo destacados, tendências recorrentes, perspectivas metodológicas e lacunas ainda não preenchidas pela comunidade acadêmica. Trata-se, portanto, de um estudo de natureza qualitativa que não apenas inventaria as pesquisas existentes, mas as interpreta à luz de categorias analíticas, revelando o que já foi produzido e o que ainda demanda atenção investigativa. Nesse sentido, ao investigar as dissertações do PROFMAT que tratam dos números complexos em articulação com a geometria, busca-se não apenas compreender o que já foi produzido, mas também evidenciar os limites dessa produção e apontar caminhos para o desenvolvimento de propostas didáticas mais próximas da realidade da sala de aula do Ensino Médio.

Morosini e Fernandes (2014) diferenciam, ainda, o estado do conhecimento do estado da arte pela delimitação da fonte: enquanto o estado da arte abrange toda a produção dispersa em diferentes bases de dados e programas, o estado do conhecimento concentra-se em um banco ou repositório específico. No presente estudo, a análise a

[1]Mestrando do PROFMAT da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, mirandaas.victor@gmail.com
[2]Docente da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, gabriela.lucheze@ufrn.br

análise se concentra no repositório do PROFMAT, o que permite identificar a pesquisa mais precisamente como um “estado do conhecimento”.

METODOLOGIA

O levantamento das dissertações foi realizado no repositório digital do PROFMAT[3] em novembro de 2025. A estratégia de busca adotada partiu do uso do termo composto "números complexos + geometria" e "números complexos geometria". Contudo, essa estratégia não retornou resultados indexados simultaneamente por esses dois descritores, o que evidencia uma limitação no sistema de filtragem do repositório, e não a inexistência de trabalhos sobre o tema.

Diante disso, ampliou-se o critério de busca para o termo isolado "números complexos", o que resultou em 109 dissertações. Esse conjunto abrangeu diferentes enfoques - polinômios, equações algébricas, transformações geométricas, entre outros-, tornando necessária uma triagem manual por relevância temática. A seleção foi realizada a partir da leitura dos títulos e, nos casos de maior ambiguidade, dos resumos[4]. Foram excluídos os trabalhos cujo foco se restringia exclusivamente a aspectos algébricos, teóricos ou a aplicações em outras áreas, como Física e Engenharia, sem vínculo com conteúdos geométricos. Ao final desta etapa, 18 dissertações foram selecionadas para análise.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os critérios de inclusão e exclusão foram sumarizados no Quadro 1.

Quadro 1 - Critérios de inclusão e exclusão das dissertações analisadas

Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
Vínculo institucional Produzida no âmbito do PROFMAT	**Foco exclusivamente algébrico** Dissertações centradas apenas em aspectos algébricos ou teóricos dos números complexos, sem articulação

[3]Disponível em https://sca.profmat-sbm.org.br/busca_tcc.php

[4] A triagem realizada a partir de títulos e resumos - procedimento metodologicamente válido e amplamente adotado em pesquisas de mapeamento (Romanowski e Ens, 2006) - pode não ter capturado dissertações que abordam a geometria de forma secundária ou em capítulos específicos, sem que isso fique explícito no resumo.

Disponibilidade Disponível no repositório digital do PROFMAT no momento da consulta, independentemente do ano de defesa **Articulação temática** Abordagem no título ou resumo que relacione números complexos à Geometria Analítica ou a aplicações geométricas gerais	com conteúdos geométricos **Aplicações em outras áreas** Dissertações voltadas a aplicações em Física, Engenharia ou outras áreas da Matemática sem vínculo com a geometria (ex.: análise complexa, eletromagnetismo) **Ausência de vínculo geométrico** Dissertações em que números complexos aparecem como ferramenta auxiliar sem que a geometria constitua objeto central da investigação

Fonte: elaboração própria.

A etapa seguinte consistiu na leitura aprofundada dos resumos e de capítulos específicos de cada dissertação, com dois objetivos: confirmar a efetiva articulação entre números complexos e geometria e identificar a existência de propostas didáticas ou produtos educacionais. As dissertações selecionadas foram então organizadas em categorias temáticas, que orientaram a análise qualitativa dos resultados.

A análise da origem institucional das 18 dissertações selecionadas revela uma distribuição regional assimétrica. A região Nordeste concentra o maior número de trabalhos, com sete dissertações, seguida pelo Sudeste, com cinco. O Centro-Oeste contribui com quatro produções, enquanto a região Sul apresenta duas. A região Norte, por sua vez, não registrou dissertações que se enquadrassem nos critérios desta pesquisa.

Essa assimetria não é trivial. Ela pode estar relacionada à distribuição dos polos do PROFMAT pelo território nacional, à atuação de grupos de pesquisa com maior tradição no tema e, possivelmente, à presença de orientadores com interesse específico na interface entre números complexos e geometria em determinadas instituições. Cabe notar que a ausência da região Norte não implica necessariamente desinteresse pelo tema, mas pode refletir uma concentração menor de pólos ou uma orientação temática distinta das pesquisas desenvolvidas naquela região.

Do ponto de vista temporal, as produções encontram-se distribuídas entre os anos de 2013 e 2023, sem uma tendência contínua de crescimento. Observam-se picos de produção em 2014, com três dissertações, e em 2019 e 2022, com três produções cada. Essa característica sugere que o interesse pelo tema é recorrente, mas não progressivo, indicando que a produção acadêmica sobre números complexos e geometria no PROFMAT se dá de forma pontual e dispersa ao longo do tempo.

Um dado que merece atenção é a ausência de trabalhos a partir de 2024. Embora seja cedo para afirmar uma tendência de declínio, esse fato pode sinalizar uma reorientação temática das pesquisas mais recentes do programa, possivelmente influenciada por mudanças curriculares - como a implementação da BNCC em 2018, que reduziu ainda mais a presença dos números complexos no currículo obrigatório do Ensino Médio, relegando o tema a um caráter optativo ou aprofundado.

A análise qualitativa das 18 dissertações selecionadas mostrou semelhanças e diferenças importantes na forma como os pesquisadores do PROFMAT relacionam os números complexos com a geometria. A leitura dos resumos, sumários e capítulos principais de cada trabalho mostrou que essas dissertações não formam um conjunto homogêneo. Embora todas tratem, de algum modo, da relação entre números complexos e geometria, elas se diferenciam bastante quanto aos temas abordados, às estratégias metodológicas utilizadas e ao espaço dado às questões didático-pedagógicas. A partir dessa leitura, foi possível organizar os trabalhos em quatro categorias temáticas principais, apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Categorias temáticas das dissertações analisadas

Categoria	Descrição e obras representativas
1 - Teoremas clássicos da geometria plana demonstrados via números complexos	Esse grupo reúne trabalhos que utilizam os números complexos como recurso para demonstrar teoremas clássicos da geometria plana, como o Teorema de Napoleão, o Círculo dos Nove Pontos, a Reta de Simson, os teoremas de Ceva, Menelaus e Desargues, além do Teorema de Morley. De modo geral, essas dissertações defendem a ideia de que o plano complexo permite construções demonstrativas mais simples, elegantes e econômicas do que aquelas baseadas em abordagens sintéticas ou analíticas mais tradicionais. Na maior parte dos casos, porém, esses trabalhos não apresentam propostas didáticas organizadas para a Educação Básica, voltando-se mais diretamente ao professor-pesquisador. ***Obras:*** *Feitosa (2013); Coelho Neves (2014); Teodósio (2016); Martins (2018); Fernandes da Cruz (2019)*
2 - Transformações geométricas e representação vetorial no plano complexo	Essa categoria reúne dissertações que dão maior destaque ao estudo das transformações geométricas, como translação, rotação, homotetia e reflexão, entendidas como uma manifestação natural das operações algébricas com números complexos, muitas vezes a partir de uma abordagem vetorial. Em geral, esses trabalhos procuram mostrar que a multiplicação de números complexos permite representar rotações e homotetias de forma mais direta e eficiente do que os procedimentos usuais no plano R^2, explorando essa característica para reinterpretar e reorganizar conceitos da geometria analítica plana. Entre as categorias identificadas, esta é a que apresenta maior número

ISSN: 2358-8829

	de propostas didáticas voltadas para a sala de aula, possivelmente porque o estudo das transformações geométricas já faz parte dos conteúdos mais próximos do currículo do Ensino Médio. ***Obras:*** *Amaral dos Santos (2014); Serrão Mendes (2016); Almeida Matos (2017); Gaudêncio Vieira (2018); Souza Filho (2019)*
3 - Propostas didáticas com uso de tecnologia (GeoGebra)	Essa categoria reúne os trabalhos que têm como aspecto principal a elaboração de propostas didáticas organizadas com apoio explícito do software de geometria dinâmica GeoGebra. Nessas dissertações, a tecnologia não aparece apenas como um recurso complementar, mas como um elemento importante no processo de compreensão geométrica, já que, por meio de construções interativas e applets, os alunos podem visualizar melhor as representações dos números complexos, as transformações no plano e as propriedades das operações. Trata-se da categoria com maior número de produtos educacionais mais concretos, como atividades, roteiros e applets, além de apresentar maior concentração de trabalhos nas décadas mais recentes, especialmente no período de 2014 a 2022. ***Obras:*** *Kloster (2014); Gomes de Melo (2015); Oliveira (2020); Negreli (2021); De Lara (2021); Santos Assis (2022)*
4 - Aplicações geométricas específicas com ênfase curricular	Essa categoria reúne dissertações que propõem aplicações geométricas mais específicas, como o cálculo de áreas de polígonos, a determinação de vértices de polígonos regulares e a demonstração de fórmulas trigonométricas, sempre com uma preocupação mais clara com sua inserção no currículo do Ensino Médio. Nesses trabalhos, a escolha dos objetos matemáticos está diretamente ligada a um critério curricular, de modo que os números complexos aparecem como um instrumento capaz de ampliar e enriquecer conteúdos que já fazem parte do universo do professor e do estudante. Entre as categorias identificadas, esta é a que mais se aproxima de uma perspectiva de transposição didática articulada ao currículo vigente. ***Obras:*** *Martinelli Silva (2019); Rodrigo dos Reis (2023)*

Fonte: elaboração própria.

O Quadro 3 sintetiza as principais características das 18 dissertações analisadas, organizadas cronologicamente, identificando a instituição de vínculo, a região geográfica, o foco temático principal, a existência de proposta didática e o uso de tecnologia.

Quadro 3 – Síntese das dissertações do PROFMAT analisadas

Autor / Ano	IES	Região	Foco Temático Principal	Proposta Didática / Produto	Tecnologia
2013 – Feitosa	UFPB	NE	Teoremas clássicos (Napoleão, Nove Pontos, Simson)	Não explícito	Não
2014 – Kloster	UEPG	Sul	Geometria plana via complexos; visualização	Sim (GeoGebra)	GeoGebra
2014 – Amaral dos Santos	UFJF	SE	Geometria euclidiana plana; forma geométrica e vetorial	Sim (exercícios)	Não

2014 – Coelho Neves	IMPA	SE	Transformações no plano (translação, homotetia, rotação)	Não explícito	Não
2015 – Gomes de Melo	UFAL	NE	Abordagem geométrica via geometria dinâmica; PCN	Sim (atividades)	GeoGebra
2016 – Sousa Teodósio	UFC	NE	Teoremas geométricos + minicurso com alunos do EM	Sim (minicurso aplicado)	Não
2016 – Serrão Mendes	UFMA	NE	Abordagem vetorial; geometria analítica plana	Não explícito	Não
2017 – Almeida Matos	UFBA	NE	Representação geométrica via vetores; transformações	Não explícito	Não
2018 – Martins	UFC	NE	Corpo dos complexos; transformações de Möbius; áreas	Não explícito	Não
2018 – Gaudêncio Vieira	UFS	NE	Geometria analítica plana; triângulos e polígonos	Não explícito	Não
2019 – Fernandes da Cruz	UFOP	SE	Teoremas de Ceva, Menelaus e Desargues	Não explícito	Não
2019 – Souza Filho	USP	SE	Corpo dos complexos; rotação, homotetia, quatérnios	Sim (proposta EM)	Não
2019 – Martinelli Silva	UFES	SE	Polígonos regulares; leis dos senos/cossenos	Sim (3 atividades)	Não
2020 – Thulio Oliveira	UFV	SE	Complexos e GeoGebra; números hipercomplexos; TFA	Sim (atividades GeoGebra)	GeoGebra
2021 – Negreli	UEMS	CO	Funções analíticas; geometria dinâmica com GeoGebra	Sim (produto GeoGebra)	GeoGebra
2021 – De Lara	UFMT	CO	Abordagem histórica; equações cúbicas; atividades	Sim (2 atividades + GeoGebra)	GeoGebra
2022 – Santos Assis	UESC	NE	BNCC + Möbius + transformações; licenciatura	Sim (4 atividades GeoGebra)	GeoGebra
2023 – Rodrigo dos Reis	UnB	CO	Cálculo de áreas de polígonos (Heron, Brahmagupta)	Não explícito	Não

Fonte: elaboração própria.

A primeira categoria reúne os trabalhos cujo foco principal está na demonstração de teoremas clássicos da geometria plana com o uso dos números complexos, destacando a eficiência e a elegância desse recurso em comparação com abordagens apenas sintéticas ou analíticas. Nessa categoria estão as dissertações de Laércio Francisco Feitosa (2013, UFPB), Robson Coelho Neves (2014, IMPA), Breno Arcanjo Fernandes da Cruz (2019, UFOP), Francisco José dos Santos Martins (2018, UFC) e Elaine de Sousa Teodósio (2016, UFC).

O elemento comum entre esses trabalhos é a valorização dos números complexos como ferramenta de demonstração, e não apenas como recurso didático. Neles, a geometria não aparece exatamente como ponto de chegada do ensino, mas como o campo de problemas que justifica o uso dos complexos como instrumento matemático elegante. Em geral, essas dissertações não avançam para a construção de propostas didáticas mais estruturadas para a sala de aula da Educação Básica.

A segunda categoria reúne as dissertações que dão maior destaque às transformações geométricas - como translação, rotação, homotetia e reflexão -

ISSN: 2358-8829

entendidas como uma expressão natural das operações algébricas com números complexos, muitas vezes em diálogo com uma abordagem vetorial. Fazem parte desse grupo os trabalhos de Júlio César Amaral dos Santos (2014, UFJF), Rodinely Serrão Mendes (2016, UFMA), Etinevaldo Santos Almeida Matos (2017, UFBA), José Fernando Gaudêncio Vieira (2018, UFS) e Carlos Silveira de Souza Filho (2019, USP).

Um aspecto importante dessa categoria é a presença mais frequente de propostas didáticas. Pelo menos três dos cinco trabalhos (Amaral dos Santos, Almeida Matos e Souza Filho) apresentam atividades ou encaminhamentos voltados para a sala de aula, ainda que com níveis diferentes de detalhamento. Isso sugere que essa perspectiva, centrada na relação entre vetores e transformações, parece oferecer mais possibilidades de transposição didática do que a abordagem da primeira categoria, mais voltada à demonstração de teoremas. Uma possível explicação para isso é que transformações como rotação, translação e homotetia dialogam de forma mais direta com conteúdos que já fazem parte do currículo do Ensino Médio.

A terceira categoria reúne os trabalhos cujo principal diferencial está na elaboração de propostas didáticas mais estruturadas, com apoio explícito de softwares de geometria dinâmica, especialmente o GeoGebra. Fazem parte dessa categoria as dissertações de Gilmar Kloster (2014, UEPG), Ledivaldo Gomes de Melo (2015, UFAL), Thúlio José de Oliveira (2020, UFV), Anderson de Oliveira Chaves Negreli (2021, UEMS), Gilmar Francisco de Lara (2021, UFMT) e João Matheus Santos Assis (2022, UESC).

Essa é a categoria que apresenta a maior variedade de produtos educacionais mais concretos. Os seis trabalhos incluem atividades, roteiros ou aplicativos desenvolvidos no GeoGebra, pensados explicitamente para uso em sala de aula. Também é a categoria com maior concentração de trabalhos mais recentes (2014 a 2022), o que pode indicar um interesse crescente pelo uso da mediação tecnológica no ensino dos números complexos, ainda que o número de dissertações analisadas ainda não permita afirmar isso de forma mais definitiva.

A quarta e última categoria reúne as dissertações que se destacam por trabalhar aplicações geométricas mais específicas dos números complexos, como cálculo de áreas, determinação de vértices de polígonos regulares e demonstração de fórmulas trigonométricas. Em geral, esses trabalhos também mostram uma preocupação mais clara com a inserção dessas aplicações no contexto curricular do Ensino Médio ou da

ISSN: 2358-8829

Licenciatura em Matemática. Fazem parte desse grupo Clariana Martinelli Silva (2019, UFES), Paulo Rodrigo Alves dos Reis (2023, UnB) e, com certa particularidade, João Matheus Santos Assis (2022, UESC), que também se aproxima da categoria anterior.

O que caracteriza essa categoria é que a escolha dos conteúdos matemáticos está ligada, antes de tudo, a um critério curricular. Em outras palavras, os teoremas e as aplicações selecionados são aqueles que dialogam diretamente com temas do Ensino Médio. Nesse contexto, o número complexo aparece como uma ferramenta capaz de ampliar, organizar e dar mais sentido a conteúdos que já fazem parte do universo do professor e do estudante. Entre as quatro categorias, esta é a que mais se aproxima da proposta desenvolvida nesta dissertação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O dado quantitativo que mais chama atenção nesse mapeamento é a diferença entre o universo inicial e o corpus final: das 109 dissertações encontradas a partir da busca pelo termo "números complexos", apenas 18 (menos de 17%) apresentaram uma relação efetiva com conteúdos geométricos. Esse resultado não deve ser entendido como uma fragilidade da produção do PROFMAT, mas como um reflexo da própria formação curricular desses professores-pesquisadores. De modo geral, o ensino de números complexos ainda é muito centrado na álgebra, e a dimensão geométrica costuma aparecer pouco, ou até nem aparecer, como objeto de estudo. Nesse sentido, esse dado ajuda a reforçar e justificar o problema de pesquisa desta dissertação.

A análise conjunta das quatro categorias também permite perceber algumas aproximações entre os trabalhos e, principalmente, lacunas importantes.

Entre os pontos em comum, o principal é um diagnóstico que aparece em quase todas as dissertações: o ensino dos números complexos no Ensino Médio costuma ser excessivamente algébrico e formal, deixando de lado as possibilidades geométricas do tema. Esse diagnóstico aparece de formas diferentes: às vezes como crítica à tradição escolar, às vezes como motivação para propor novas abordagens didáticas, e às vezes como observação sobre o próprio currículo. Mas aponta para a mesma questão: quando álgebra e geometria aparecem separadas no ensino dos números complexos, a compreensão do conteúdo fica mais limitada e se perde parte importante da riqueza matemática do tema.

ISSN: 2358-8829

Outro ponto que aparece com frequência é o uso da história da matemática como forma de introduzir o assunto. Com diferenças de profundidade e detalhamento, quase todos os trabalhos trazem algum capítulo ou seção sobre a história dos números complexos, desde as equações cúbicas de Cardano e Bombelli até sua interpretação geométrica com Argand e Gauss. Isso mostra que muitos autores veem o percurso histórico como um recurso importante para dar sentido ao conteúdo e despertar o interesse do leitor ou do estudante.

Em relação às lacunas, três pontos merecem destaque. O primeiro é que a maior parte das dissertações apresenta propostas didáticas mais no plano da descrição do que da aplicação. As atividades são sugeridas, mas quase nunca testadas em sala de aula ou avaliadas quanto aos seus resultados. A dissertação de Teodósio (2016) é uma exceção importante, porque inclui uma etapa empírica com alunos e coleta de dados, mas ainda assim é um caso isolado dentro do conjunto analisado.

O segundo ponto é a pouca articulação com as orientações curriculares mais recentes. A BNCC (2018), por exemplo, aparece de forma mais direta apenas em Santos Assis (2022), justamente para discutir a retirada dos números complexos do currículo obrigatório do Ensino Médio. As demais dissertações produzidas após 2018, em geral, não discutem o impacto dessa mudança curricular sobre a presença ou a relevância do tema.

O terceiro ponto, e talvez o mais importante para esta pesquisa, é que nenhum dos trabalhos analisados propõe uma proposta educacional organizada de modo progressivo e coerente, ligando a representação geométrica dos números complexos a conteúdos de geometria analítica já presentes no currículo atual do Ensino Médio, como vetores, cônicas ou transformações no plano. Em outras palavras, faltam propostas que ajudem o professor e os alunos a trabalharem o tema em diálogo com o currículo vigente, sem que isso exija abandonar os conteúdos já previstos.

É justamente nesse espaço que esta dissertação se insere. Ao propor uma proposta educacional que relaciona os números complexos à geometria analítica a partir de conteúdos já presentes no Ensino Médio, busca-se oferecer uma contribuição que dialoga com o que já foi produzido, mas que também avança em relação às limitações identificadas nesta análise.

Palavras-chave: Números Complexos; Geometria Analítica; Estado do Conhecimento; PROFMAT.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018. CARNEIRO, J. P. A ilha do tesouro: dois problemas e duas soluções. Revista do Professor de Matemática, n. 47, p. 1-4, 2001.

MOROSINI, M.; FERNANDES, C. Estado do conhecimento: conceitos, finalidades e interlocuções. Educação por Escrito, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 154-164, jul./dez. 2014.

ROMANOWSKI, J. P.; ENS, R. T. As pesquisas denominadas do tipo "Estado da Arte". Diálogos Educacionais, v. 6, n. 6, p. 37-50, 2006.

SANTOS, Thiago; SOUZA, Gustavo de; CARNEIRO, Luiz Gustavo de Oliveira. Consequências a longo prazo da exclusão de Números Complexos no Ensino Médio. Revista de Ensino de Ciências e Matemática, v. 16, n. 2, p. 1-18, 2025.