ISSN: 2358-8829

ENSINO E APRENDIZAGEM DE ÁLGEBRA LINEAR EM DISSERTAÇÕES E TESES BRASILEIRAS: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Joab dos Santos Silva [1]

INTRODUÇÃO

A Álgebra Linear ocupa uma posição de destaque nos currículos dos cursos de graduação de Matemática, Ciências e Engenharias. Na Licenciatura em matemática essa disciplina se apresenta como "uma porta de entrada ao desenvolvimento do pensamento matemático elaborado e formal" (Andrade, J., 2010, p. 20), desempenhando importante papel para a manipulação de estruturas algébricas abstratas e ao raciocínio lógico-dedutivo, além da possibilidade de transição entre os registros de representações semióticas: algébrica, geométrica, tabular e linguagem natural Dorier et al. (2000).

A despeito de sua relevância para o desenvolvimento do pensamento matemático, o processo de ensino e aprendizagem da Álgebra Linear tem se configurado como um obstáculo no Ensino Superior, traduzindo-se em expressivos índices de retenção. Estudos como os de Dorier et al. (2000) e Dorier e Sierpinska (2001), com base em discussões históricas e epistemológicas, apontam este caráter abstrato da disciplina como responsável pelos obstáculos de aprendizagem, inclusive relacionados à linguagem e às múltiplas representações.

A consolidação da Álgebra Linear como um corpo teórico unificado e axiomático é fruto de uma longa evolução ocorrida ao longo do século XIX e início do século XX, apoiada na formalização da Álgebra, por matemáticos como Hermann Grassmann, Giuseppe Peano e, posteriormente, Stefan Banach por volta de 1932 (Dorier, 2000). Entretanto, a transição desse conhecimento acadêmico especializado para os manuais didáticos voltados a estudantes universitários ocorreu apenas cerca de uma década mais

[1] Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB, Campus Campina Grande, joab.silva@ifpb.edu.br.

tarde, com a publicação do seminal livro didático Finite-Dimensional Vector Spaces, de autoria do matemático húngaro Paul Richard Halmos em 1942.

Dorier e Sierpinska (2001) advertem que as tentativas de mitigar os obstáculos de aprendizagem mediante uma simples generalização da geometria analítica para o espaço n-dimensional ($\mathbb{R}^n$) não constitui solução efetiva para a apreensão conceitual. Por outro lado, a apresentação puramente axiomática e descontextualizada, que omite a gênese dos problemas matemáticos e suas conexões com outras áreas, tende a transformar a disciplina em um conjunto opaco de definições e demonstrações incompreensíveis e, aparentemente, sem conexões para os estudantes.

Nesse contexto, torna-se imperativo dispensar uma atenção metodológica diferenciada aos diversos públicos atendidos pela Álgebra Linear. Enquanto em cursos de Engenharia, por exemplo, as demandas pedagógicas recaem frequentemente sobre a aplicação prática de conceitos em modelos físicos, computacionais ou operacionais (Trigueros; Wawro, 2020), nos cursos de Licenciatura em Matemática exige-se do futuro professor o domínio profundo da estrutura formal, a capacidade de interpretar e construir demonstrações rigorosas e a aptidão para articular dinamicamente múltiplos registros de representação semiótica.

Diante de tais desafios e com o propósito de compreender como a pesquisa acadêmica brasileira vem enfrentando este cenário, estabelece-se a seguinte questão de pesquisa:

- Como as pesquisas em dissertações e teses têm abordado o ensino e a aprendizagem de Álgebra Linear no Brasil?

Em consonância com essa pergunta, o presente estudo estabelece como objetivo geral: analisar as características da produção científica sobre o ensino e a aprendizagem de Álgebra Linear contida nas dissertações de mestrado e teses de doutorado desenvolvidas no país e disponibilizadas na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD).

Para fundamentar teoricamente a condução desta investigação, adotamos o aporte conceitual sobre metodologia de pesquisa e revisões de literatura formulado por Mattar e Ramos (2021). Segundo os autores, “uma revisão de literatura busca elaborar uma síntese de pesquisas sobre determinado tema, procurando produzir novos conhecimentos ao tornar explícitas conexões e tensões entre estudos que não eram visíveis antes” (Mattar;

Ramos, 2021, p. 24), constituindo um processo analítico que possibilita a identificação de convergências e lacunas entre estudos que permaneciam ocultos quando analisados isoladamente.

Mattar e Ramos (2021) concebem as revisões de literatura ao longo de um contínuo metodológico organizado segundo o nível de sistematização empregado na busca, seleção, extração e análise dos dados. Esse contínuo estende-se desde abordagens menos sistemáticas como o levantamento bibliográfico e a revisão narrativa, até abordagens de elevada rigorosidade e sistematização, que englobam a revisão de escopo, a revisão integrativa, a revisão sistemática e a meta-análise.

No espectro intermediário e avançado desse contínuo, a revisão sistemática de caráter qualitativo estabelece-se como uma metodologia transparente e replicável, orientada por um protocolo claro com critérios de inclusão e exclusão predefinidos (Mattar; Ramos, 2021). O presente trabalho alinha-se a essa perspectiva sistemática de mapeamento teórico-conceitual, permitindo delimitar com precisão o estado da arte e situar a originalidade de novas propostas de investigação na pós-graduação.

METODOLOGIA

Para alcançar o objetivo proposto, delineou-se uma pesquisa de abordagem qualitativa, caracterizada como uma revisão sistemática da literatura, fundamentada nas diretrizes metodológicas de Mattar e Ramos (2021). A fonte de dados escolhida para a constituição do corpus de análise foi a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), por se tratar do repositório nacional consolidado que reúne a produção acadêmica dos programas de pós-graduação stricto sensu do Brasil, e a consulta à plataforma ocorreu em outubro de 2025.

O percurso de seleção e triagem dos trabalhos foi estruturado em fases encadeadas, respaldadas por Critérios de Inclusão (CI) rigorosos, detalhados a seguir:

- **Critério de Inclusão 1 (CI1 - Sistema e Descritores):** Consulta direta ao portal da BDTD utilizando a combinação dos descritores em língua portuguesa: álgebra, linear, ensino, aprendizagem. Essa busca inicial resultou em um universo de 157 trabalhos acadêmicos.
- **Depuração de Duplicatas:** Identificação e remoção de 9 estudos registrados em duplicidade no sistema da BDTD, reduzindo o corpus para 148 pesquisas.

- **Critério de Inclusão 2 (CI2 - Conteúdos da Álgebra Linear):** Filtro focado nos conteúdos programáticos essenciais da disciplina de Álgebra Linear 1 no curso de Licenciatura em Matemática do Instituto Fedeal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, campus Campina Grande, a saber: espaços vetoriais (vetores); transformações lineares; autovalores e autovetores (diagonalização); e produto interno. A aplicação do CI2 envolveu a leitura criteriosa de títulos, resumos e palavras-chave (e do capítulo metodológico, quando necessário), resultando na seleção de 24 trabalhos.
- **Critério de Inclusão 3 (CI3 - Sujeitos da Pesquisa):** Filtro direcionado aos sujeitos participantes das investigações, exigindo que fossem estritamente estudantes de cursos de graduação do Ensino Superior. Dentre os 24 trabalhos do CI2, 14 atenderam integralmente ao CI3, constituindo a amostra final elegível de 14 pesquisas (7 dissertações e 7 teses).

As 14 pesquisas selecionadas foram submetidas a um processo de leitura integral e análise analítico-descritiva. Para sistematizar a extração das informações contidas nas dissertações e teses, elaborou-se uma matriz de categorização contemplando as seguintes variáveis de estudo: (a) dados identificadores (autor, ano de publicação, título, tipo de trabalho e instituição de ensino superior); (b) objetivos gerais da pesquisa; (c) conteúdos específicos de Álgebra Linear abordados; (d) referenciais e marcos teóricos adotados; (e) procedimentos metodológicos e delineamento da investigação; (f) sujeitos e cursos de graduação envolvidos; (g) instrumentos de coleta e técnicas de análise de dados; e (h) principais resultados e achados. Não apresentamos aqui essa matriz de categorização por restrição de espaço.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A apresentação e discussão dos resultados estruturam-se em eixos temáticos que compreendem o panorama geral do mapeamento, a distribuição geográfica das produções, a análise crítica dos objetivos e abordagens didáticas, o grau de abstração dos conteúdos, os referenciais teóricos e metodológicos empregados, a caracterização dos sujeitos e, fundamentalmente, a identificação das lacunas existentes na literatura científica brasileira.

3.1. Caracterização Geral da Produção e Distribuição Geográfica

A amostra final é constituída por 14 trabalhos acadêmicos defendidos entre os anos de 2005 e 2022 em diversos programas de pós-graduação do Brasil, distribuindo-se de maneira equitativa entre 7 dissertações de mestrado (50%) e 7 teses de doutorado (50%). O Quadro 1 sintetiza as informações gerais de identificação de todos os trabalhos elegíveis que integraram este estudo.

Quadro 1: Informações gerais das dissertações e teses elegíveis para análise

Autor / Ano	Título do Trabalho	Tipo	Instituição
L. Oliveira (2005)	Como funcionam os recursos-meta em aula de álgebra linear	Dissertação	PUC-SP
Karrer (2006)	Articulação entre Álgebra Linear e Geometria: um estudo sobre as transformações lineares na perspectiva dos registros de representação semiótica	Tese	PUC-SP
França (2007)	Conceitos fundamentais de álgebra linear: uma abordagem integrando geometria dinâmica	Dissertação	PUC-SP
Coimbra (2008)	Alguns aspectos problemáticos relacionados ao ensino-aprendizagem da álgebra linear	Dissertação	UFPA
J. Andrade (2010)	Vetores: interações à distância para a aprendizagem de álgebra linear	Dissertação	UFPE
Prado (2010)	estudantes que completaram um curso de extensão em álgebra linear e suas concepções sobre base de um espaço vetorial	Dissertação	PUC-SP
A. A. Assis (2013)	Uma atividade socialmente reflexiva envolvendo a transformação derivada e sua inversa	Dissertação	UFOP
Nomura (2014)	Esquemas cognitivos e mente matemática inerentes ao objeto matemático autovalor e autovetor: traçando diferenciais na formação do engenheiro	Tese	PUC-SP
Teixeira (2016)	Álgebra linear nos cursos de engenharia: uma proposta metodológica de ensino e aprendizagem	Tese	UFCE
Pereira (2017)	Aprendizagem do conceito de espaço vetorial	Tese	Unicamp
A. M. Assis (2018)	Atividade de estudo do conceito de transformação linear na perspectiva da teoria do ensino desenvolvimental de V. V. Davydov	Tese	PUC-GO
Kripka (2018)	Uso de tecnologias digitais no ensino e na aprendizagem de álgebra linear na perspectiva das teorias da aprendizagem significativa e dos registros de representação semiótica	Tese	PUC-RS
S. Oliveira (2021)	Ensino-aprendizagem de espaços vetoriais via exploração-resolução-proposição de problemas: Uma experiência na Licenciatura em Matemática	Dissertação	UEPB
Philot (2022)	Evento contextualizado: uma proposta de ensino e de aprendizagem de autovalor e autovetor no curso de Engenharia de Controle e Automação e áreas afins	Tese	PUC-SP

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados extraídos da BDTD (2026).

A análise da distribuição geográfica da produção científica revela uma marcante disparidade regional na investigação sobre o ensino e aprendizagem de Álgebra Linear no Brasil. As pesquisas concentram-se majoritariamente na região Sudeste, com 57,14% (8 pesquisas) do total de trabalhos mapeados, seguida da região Nordeste, com 21,44% (3 pesquisas), enquanto as regiões Norte, Centro-Oeste e Sul registram, cada uma, 7,14% da produção (1 pesquisa cada). Focando na região Sudeste, pode se observar uma prevalência do estado de São Paulo que abrigando 7 das 8 pesquisas registradas na região, com destaque para a Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), responsável por quase metade (6 trabalhos) de toda a amostra nacional analisada.

Esse expressivo adensamento na PUC-SP reflete o papel histórico exercido por seu Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática na consolidação de grupos de pesquisa. Por outro lado, a baixa produção em outras regiões do país evidencia a necessidade de descentralizar e fomentar novas redes de pesquisa.

3.2. Análise das Abordagens Didáticas e dos Objetivos das Pesquisas

Ao examinar a natureza dos objetivos e das abordagens didáticas contidas nas 14 dissertações e teses, sobressai uma constatação analítica central: a maioria expressiva dos trabalhos não teve como foco a proposição, aplicação ou avaliação de um referencial teórico-metodológico voltado ao ensino e à aprendizagem dos conteúdos programáticos de uma disciplina regular de Álgebra Linear. Grande parte das investigações concentrou-se em aspectos pontuais, tais como o mapeamento de concepções alternativas, a verificação do uso de recursos tecnológicos ou a análise de interações específicas.

A título de ilustração, a dissertação de L. Oliveira (2005) dedicou-se a investigar o discurso do professor em sala de aula, identificando o emprego de 'recursos-meta' (metáforas, analogias e orientações gerais) e avaliando em que medida esses recursos serviram de 'alavanca-meta' para os estudantes na compreensão do conceito de base vetorial. Por sua vez, Coimbra (2008) realizou um levantamento diagnóstico acerca dos obstáculos mais evidentes na conceituação de espaço vetorial, identificando fatores problemáticos como a atitude transmissiva do professor, a assimilação passiva pelos alunos, o desconhecimento da evolução histórica e o uso inadequado do raciocínio geométrico e lógico.

Os trabalhos de Karrer (2006), França (2007) e A. M. Assis (2018) investigam o ensino de transformações lineares sob abordagens práticas e intuitivas, priorizando a conceitualização e a experimentação em detrimento da formalização matemática tradicional: Karrer (2006) avaliou a influência de um experimento no processo de conceitualização sem visar à introdução formal ou ao aprofundamento do conteúdo; França (2007) explorou os conhecimentos prévios dos alunos a partir de aspectos geométricos no plano e registros de representação; e A. M. Assis (2018) abordou a introdução do conceito e da representação matricial por meio da redescoberta e generalização, abdicando, porém, do formalismo no trabalho com definições e resultados formais clássicos de um curso de Álgebra Linear, como propriedades, núcleo, imagem e isomorfismo.

No estudo de Kripka (2018), desenvolvido em turmas de Engenharia Civil, a ementa trabalhada seguiu a estrutura tradicional desses cursos, priorizando conteúdos operacionais de matrizes, determinantes e sistemas de equações lineares. Conforme relatado pela própria pesquisadora, dos 30 encontros letivos da disciplina, apenas 7 foram dedicados aos tópicos de espaços vetoriais e transformações lineares nos espaços $\mathbb{R}^2$ e $\mathbb{R}^3$, e tarefas práticas com o uso dos softwares GeoGebra e MATLAB.

Por fim, a dissertação de S. Oliveira (2021) investigou as contribuições da metodologia de Exploração-Resolução-Proposição de Problemas aliada às representações múltiplas no ensino de Espaços Vetoriais. No entanto, a intervenção não ocorreu na execução regular de uma turma de Álgebra Linear, mas na forma de oficina extracurricular oferecida a alunas que cursavam ou já haviam concluído a matéria. Além disso, das tarefas trabalhadas, em apenas uma foi abordada a proposição de problemas, tendo como objetivo a introdução e a formalização das operações de adição e multiplicação por escalar presentes na definição de espaços vetoriais. De forma análoga, Philot (2022) aplicou um Evento Contextualizado no formato de curso de ofertado como parte das atividades complementares (8 encontros de 100 minutos), voltado à construção dos conceitos de autovalor e autovetor, aproximando-se da Aprendizagem Baseada em Problemas para turmas de Engenharia de Controle e Automação.

3.3. Conteúdos de Álgebra Linear Abordados e Grau de Abstração

A análise da frequência dos conteúdos específicos da Álgebra Linear contemplados nas 14 pesquisas elegíveis (considerando que alguns trabalhos abordaram mais de um tópico) revela uma prevalência do estudo de Espaços Vetoriais (presente em 9 trabalhos), focado sobretudo nas noções de definição de subespaço, dependência e independência linear (LI/LD) e conceito de base no espaço euclidiano $\mathbb{R}^n$. Em segundo lugar situam-se as Transformações Lineares (presentes em 6 trabalhos), abrangendo tópicos de definição, transformações geométricas no plano, núcleo, imagem e representação matricial. Os conceitos de Autovalores e Autovetores foram investigados em 4 trabalhos, direcionando-se ao cálculo do polinômio característico, diagonalização e aplicações.

A ausência de pesquisas voltadas ao conteúdo de Produto Interno e espaços vetoriais com produto interno revela uma lacuna na literatura de pós-graduação brasileira, visto que a estrutura métrica conferida pelo produto interno (permitindo a definição formal de norma, distância, ortogonalidade, projeções ortogonais e processo de Gram-Schmidt) é fundamental tanto para a física teórica e análise funcional quanto para a geometria dos espaços abstratos.

3.4. Referenciais Teóricos e Procedimentos Metodológicos

Os aportes teóricos mobilizados pela produção acadêmica brasileira caracterizam-se por uma ampla pluralidade, registrando-se mais de duas dezenas de referenciais distintos. Contudo, sobressaem algumas teorias fundamentais da Educação Matemática e da Psicologia Cognitiva que se repetem com maior frequência no corpus:

- **Teoria dos Registros de Representação Semiótica (TRRS):** Karrer (2006), França (2007), J. Andrade (2010) e Kripka (2018).
- **Teoria dos Campos Conceituais (TCC):** França (2007) e Pereira (2017).
- **Pensamento Matemático Avançado (PMA):** L. Oliveira (2005) e Nomura (2014).
- **Teoria APOS (Action, Process, Object, Schema):** Prado (2010) e Nomura (2014).
- **Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS):** Pereira (2017) e Kripka (2018).

Ao agrupar os referenciais por suas matrizes epistemológicas, verifica-se a predominância das abordagens cognitivistas/psicológicas (PMA, TCC, APOS, TAS) e da Didática Francesa (TRRS, Engenharia Didática, Teoria das Situações Didáticas), ao passo que quadros socioculturais e interacionistas (como o Ensino Desenvolvimental de Davydov e o Peer Instruction) aparecem pontualmente.

Quanto às opções metodológicas, constata-se a hegemonia absoluta de pesquisas qualitativas, valendo-se do delineamento de estudo de caso, experimento de ensino, pesquisa pedagógica e engenharia didática. Apenas 2 trabalhos (14,3%) foram classificados como de abordagem de médotos mistos (Teixeira, 2016; Kripka, 2018). No estudo de Teixeira (2016), empregou-se o teste t de Student para comparar as médias pré e pós-teste da turma experimental e os fatores do questionário SEEQ (Student's Evaluation of Educational Quality), o teste α de Cronbach para validar a consistência interna e a Análise de Componentes Principais (PCA). Já em Kripka (2018), utilizou-se o teste t de Student e o teste F de Fisher-Snedecor para verificar a homogeneidade das variâncias.

Em relação aos instrumentos de coleta e análise de dados, destacam-se pela recorrência: entrevistas semiestruturadas e reflexivas (presentes em 8 trabalhos), gravações audiovisuais de aulas e oficinas (7 trabalhos), aplicação de questionários, testes e provas (6 trabalhos) e elaboração/aplicação de sequências didáticas e tarefas de ensino (6 trabalhos).

3.5. Sujeitos das Pesquisas e Mapeamento de Lacunas na Literatura

Os sujeitos participantes das 14 pesquisas concentram-se em graduandos de diferentes áreas, englobando cursos de Ciência da Computação, Engenharias (Computação, Química, Elétrica, Civil, Controle e Automação), Licenciatura em Física e Licenciatura em Matemática. Ao direcionar o foco analítico especificamente para o curso de Licenciatura em Matemática, identifica-se um subconjunto de 5 trabalhos desenvolvidos com esses estudantes: França (2007), J. Andrade (2010), A. A. Assis (2013), Pereira (2017) e S. Oliveira (2021), destacando-se que a pesquisa de J. Andrade (2010) ocorreu na modalidade Educação a Distância (EaD).

No entanto, nenhuma destas pesquisas com licenciandos em Matemática foi desenvolvida durante a execução regular da disciplina de Álgebra Linear com o objetivo

de enino e aprendizagem dos coneúdos programáticos. No universo geral dos traablhos analisados, apenas as pesquisas de L. Oliveira (2005), Teixeira (2016), A. M. Assis (2018) e Kripka (2018) realizaram investigações no contexto de sala de aula, mediante aplicação das metodologias de observação de aula, *peer instruction*, ensino desenvolvimental e sequência didática, respectivamente.

O mapeamento da literatura revelou duas lacunas fundamentais: a primeira refere-se ao fato de que nenhuma das pesquisas com estudantes de Licenciatura em Matemática ocorreu no cenário de sala de aula regular durante o andamento oficial da disciplina de Álgebra Linear, ocorrendo apenas de forma desvinculada, por meio de cursos semelhantes à extensão, minicursos, oficinas, ambientes virtuais ou investigações posteriores (França, 2007; J. Andrade, 2010; A. A. Assis, 2013; Pereira, 2017; S. Oliveira, 2021); a segunda diz respeito à ausência total de trabalhos dedicados a investigar o ensino e a aprendizagem de Transformações Lineares mediante a Proposição de Problemas Matemáticos (PPM) com esse público, uma abordagem teórico metodológica que pode conduzir os estudantes a desafios cognitivos que envolvem interpretação, criatividade e reflexão sobre o conteúdo estudado, de modo a ampliar o nível cognitivo da mera memorização para a compreensão mais profunda e com significado.

A identificação precisa dessas duas lacunas na literatura acadêmica brasileira fundamenta o ineditismo, a relevância pedagógica e a justificativa científica da pesquisa de doutoramento à qual este artigo se vincula. Ao propor a investigação do ensino de Transformações Lineares pautado na Proposição de Problemas Matemáticos no contexto real e dinâmico da sala de aula regular da Licenciatura em Matemática, busca-se oferecer uma contribuição original para a Didática da Matemática no Ensino Superior.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo realizou uma revisão sistematizada da produção acadêmica brasileira sobre o ensino e a aprendizagem de Álgebra Linear na BDTD, fundamentada no aporte metodológico de Mattar e Ramos (2021). A análise dos 14 trabalhos elegíveis (7 dissertações e 7 teses) traçou o estado da arte da área, evidenciando uma forte assimetria geográfica (com concentração na região Sudeste, principalmente na PUC-SP), o predomínio de pesquisas qualitativas e a centralidade nos conteúdos de Espaços Vetoriais

e Transformações Lineares — com ausência total sobre Produto Interno —, sob abordagens intuitivas e generalistas que dispensaram o rigor axiomático unificado.

Como principal contribuição, o mapeamento identificou duas lacunas centrais: a escassez de investigações conduzidas no cenário de sala de aula regular da disciplina de Álgebra Linear em cursos de Licenciatura em Matemática e a total inexistência de pesquisas focadas no ensino de Transformações Lineares mediante a Proposição de Problemas Matemáticos (PPM) com futuros professores de Matemática.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, J. **Vetores: interações à distância para a aprendizagem de álgebra linear**. 2010. 182 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

ASSIS, A. A. **Uma atividade socialmente reflexiva envolvendo a transformação derivada e sua inversa**. 2013. 145 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.

ASSIS, A. M. **Atividade de estudo do conceito de transformação linear na perspectiva da teoria do ensino desenvolvimental de V. V. Davydov**. 2018. 220 f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2018.

COIMBRA, C. R. **Alguns aspectos problemáticos relacionados ao ensino-aprendizagem da álgebra linear**. 2008. 112 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemáticas) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.

DORIER, J-L. Epistemological analysis of the genesis of the theory of vector spaces. *In:* DORIER, Jean-Luc (ed.). **On the teaching of linear algebra**. [*S. l.*]: Springer, 2000. p. 3–81.

DORIER, J.-L.; SIERPINSKA, A. Research into the teaching and learning of linear algebra. *In*: HOLTON, D. (ed.). **The Teaching and Learning of Mathematics at University Level**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. p. 255-273.

DORIER, J-L. et al. The obstacle of formalism in linear algebra: a variety of studies from 1987 until 1995. In: DORIER, Jean-Luc (ed.). **On the teaching of linear algebra**. [S. l.]: Springer, 2000. p. 85-124.

FRANÇA, F. A. **Conceitos fundamentais de álgebra linear: uma abordagem integrando geometria dinâmica**. 2007. 158 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2007.

KARRER, M. **Articulação entre Álgebra Linear e Geometria: um estudo sobre as transformações lineares na perspectiva dos registros de representação semiótica**. 2006. 286 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2006.

KRIPKA, R. M. L. **Uso de tecnologias digitais no ensino e na aprendizagem de álgebra linear na perspectiva das teorias da aprendizagem significativa e dos registros de representação semiótica**. 2018. 240 f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

MATTAR, J.; RAMOS, D. K. **Metodologia da pesquisa em educação**: abordagens qualitativas, quantitativas e mistas. 1. ed. São Paulo: Edições 70, 2021.

NOMURA, J. I. **Esquemas cognitivos e mente matemática inerentes ao objeto matemático autovalor e autovetor: traçando diferenciais na formação do engenheiro**. 2014. 210 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2014.

OLIVEIRA, L. **Como funcionam os recursos-meta em aula de álgebra linear**. 2005. 135 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2005.

OLIVEIRA, S. **Ensino-aprendizagem de espaços vetoriais via exploração-resolução-proposição de problemas: uma experiência na Licenciatura em Matemática**. 2021. 175 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2021.

PEREIRA, A. C. **Aprendizagem do conceito de espaço vetorial**. 2017. 195 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.

PHILOT, L. B. **Evento contextualizado: uma proposta de ensino e de aprendizagem de autovalor e autovetor no curso de Engenharia de Controle e Automação e áreas afins**. 2022. 230 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2022.

PRADO, E. A. **Estudantes que completaram um curso de extensão em álgebra linear e suas concepções sobre base de um espaço vetorial**. 2010. 128 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2010.

TEIXEIRA, M. V. **Álgebra linear nos cursos de engenharia: uma proposta metodológica de ensino e aprendizagem**. 2016. 265 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

TRIGUEROS, M.; WAWRO, M. Linear algebra teaching and learning. **Encyclopedia of mathematics education**, Springer, p. 474–478, 2020.