



Revista  
Educar Mais

## Panorama da Engenharia Didática em teses disponíveis no catálogo da CAPES: um olhar para a Geometria (2001- 2019)

*Panorama of Didactic Engineering in thesis available in the CAPES catalogue: a look at Geometry (2001- 2019)*

*Panorama de la Ingeniería Didáctica en tesis disponible en el catálogo CAPES: una mirada a la Geometría (2001- 2019)*

Juliana Gabriele Kiefer<sup>1</sup> ; Paola Aquino dos Santos<sup>2</sup> ; Eleni Bisognin<sup>3</sup> 

### RESUMO

Esta investigação objetiva mapear teses que utilizaram a Engenharia Didática como abordagem metodológica e que possuem como foco de estudo o campo da Geometria. Para tanto, utilizam-se princípios da pesquisa qualitativa bibliográfica do tipo mapeamento, o catálogo de teses e dissertações da Capes como repositório de busca, e "engenharia didática" como palavra-chave. Assim, identificou-se 588 trabalhos, sendo 69 de doutorado, compreendidos entre 1996 e 2021. Desses, 64 pertencem às grandes áreas Multidisciplinar e Ciências Humanas, sendo que 15 focam no campo da Geometria e estão compreendidos entre 2001 e 2019: dois nos primeiros anos 2000 e os demais na primeira década (2011-2019). A maioria das pesquisas busca abordar conceitos/conteúdos da Geometria euclidiana plana e da analítica, mas também são identificados da Geometria: espacial, sintética, linear, analítica plana, analítica vetorial e o nível em que foram desenvolvidas com mais frequência foi o Ensino Superior na Formação Inicial.

**Palavras-chave:** Abordagens metodológicas; Didática da Matemática; Engenharia Didática; Mapeamento; Teses.

### ABSTRACT

*This investigation aims to map theses that used Didactic Engineering as a methodological approach and that have as focus of study the field of geometry. For this, the principles of qualitative bibliographic research of the type mapping are used, the catalog of theses and dissertations of Capes as a repository of search and "didactic engineering" as a keyword. Thus, 588 studies were identified, 69 from doctorate understood between 1996 to 2021. Of these, 64 belong to the major multidisciplinary and humanities areas, 15 focus on the field of geometry between 2001 and 2019: two in the early 2000s and the others in the decade (2011-2019). Most research seeks to address concepts/contents of flat Euclidean geometry and analytical, but are also identified of geometry: spatial, synthetic, linear, analytical planar, vector analysis and the level at which they developed most frequently was Higher Education in the Initial Formation.*

**Keywords:** Methodological approaches; Didactics of Mathematics; Didactic Engineering; Mapping; Theses.

<sup>1</sup> Licenciada em Matemática, Mestra em Educação Matemática e Ensino de Física e Doutoranda em Ensino de Ciências e Matemática na Universidade Franciscana (UFN), Santa Maria/RS - Brasil. E-mail: juliana\_kiefer@hotmail.com

<sup>2</sup> Licenciada em Matemática, Mestra e Doutoranda em Ensino de Ciências e Matemática na Universidade Franciscana (UFN), Santa Maria/RS - Brasil. E-mail: paolasantosmtm@gmail.com

<sup>3</sup> Licenciada em Matemática, Mestra e Doutora em Matemática e Professora do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Franciscana (UFN), Santa Maria/RS - Brasil. E-mail: eleni.bisognin@gmail.com

## RESUMEN

*Esta investigación tiene como objetivo mapear tesis que utilizaron la Ingeniería Didáctica como enfoque metodológico y que tienen como foco de estudio el campo de la geometría. Para ello, se utilizan principios de investigación bibliográfica cualitativa como el mapeo, en catálogo de tesis y disertaciones de la Capes como repositorio de búsqueda y "ingeniería didáctica" como palabra clave. Así, se identificaron 588 trabajos, 69 de los cuales fueron estudios de doctorado entre 1996 y 2021. De ellos, 64 pertenecen a las grandes áreas de Ciencias Humanas y Multidisciplinarias, con 15 centrados en el campo de la geometría entre 2001 y 2019: dos en el principios de los 2000 y el otros en la primera década (2011-2019). La mayoría de las investigaciones buscan abordar conceptos/contenidos de geometría plana euclidiana y analítica, pero también se identifican a partir de la geometría: espaciales, sintéticas, lineales, analíticas planas, análisis vectoriales y el nivel en el que se desarrollaron con mayor frecuencia fue la Educación Superior en Formación Inicial.*

**Palabras clave:** Enfoques metodológicos; Didáctica de las Matemáticas; Ingeniería Didáctica; Cartografía; Tesis.

## 1. INTRODUÇÃO

O presente artigo é decorrente de reflexões realizadas na disciplina de *Abordagens Metodológicas para o Ensino de Ciências e Matemática II*, componente curricular obrigatório no Curso de Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática, de um programa de pós-graduação, de uma instituição do Estado do Rio Grande do Sul, no segundo semestre de 2021. Assim, com base nas experiências vivenciadas no decorrer dessa disciplina, por meio de discussões relativas às trajetórias da pesquisa em ensino de Ciências e Matemática e aprofundamento de estudos referente às abordagens escolhidas pelos doutorandos para suas investigações, as autoras deste trabalho optaram por refletir a Engenharia Didática e buscar pesquisas que se utilizam dessa metodologia.

Outros estudos também buscaram investigar como a Engenharia Didática se apresenta nas pesquisas, mas considerando outros repositórios, tais quais: trabalhos apresentados no GT-19 (Educação Matemática) da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação (ANPEd), de 1999 a 2005 (ALMOULOU; COUTINHO, 2008); trabalhos apresentados no Encontro Brasileiro de Estudantes de Pós-Graduação em Educação Matemática (Ebrapem), no período de 2014 a 2016 (LOPES; PALMA; FRANCO DE SÁ, 2018); ou ainda, artigos publicados na revista Educação Matemática Pesquisa (EMP), entre 2009 a 2018 (BIANCHINI; MACHADO, 2019).

Almouloud e Coutinho (2008, p. 76) observaram que os cinco trabalhos analisados em sua investigação tinham um objetivo comum: "o estudo do processo de ensino e aprendizagem de um dado conceito e a construção de uma sequência didática com o intuito de proporcionar ao aluno condições favoráveis à construção e compreensão desse conceito". Lopes, Palma e Franco de Sá (2018, p. 174) apontam resultados parcialmente consonantes na análise dos 33 trabalhos identificados, mas indicam ainda a "utilização da Engenharia Didática também em pesquisas que visam a investigar especificamente a respeito de dificuldades estudantis no processo de ensino e de aprendizagem". Já Bianchini e Machado (2019, p. 618) mencionam que, nos sete trabalhos analisados, a Engenharia Didática é empregada como: metodologia de pesquisa (5); para a formação de alunos (2) e de professores (3); para avaliar o conhecimento de alunos (1) e de professores (1); tema da pesquisa (1); e outro utiliza uma ED construída por Michèle Artigue.

Neste trabalho, mapeia-se no catálogo de teses e dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) teses que utilizaram a Engenharia Didática como abordagem metodológica e que possuem como foco de estudo o campo da geometria. Considerando esse

objetivo, escolheu-se para percorrer o caminho metodológico de uma pesquisa qualitativa do tipo bibliográfica.

Deste modo, tem-se por intenção identificar conceitos/conteúdos explorados, o nível em que foram abordados, objetivos e/ou questões de pesquisa, bem como referenciais sobre a Engenharia Didática e instrumentos utilizados. Antes disso, na seção seguinte apresenta-se brevemente a Engenharia Didática em alguns aspectos tais como: históricos, definição e descrição de suas fases.

## 2. ENGENHARIA DIDÁTICA

A Engenharia Didática emergiu na Didática da Matemática na década de 1980, primeiramente em 1982, por Yves Chevallard e Guy Brousseau, e depois, em 1989, por Michèle Artigue (ALMOULOU; SILVA, 2012). Esta noção decorreu da inspiração na engenharia, por exigir um conhecimento científico sólido e disposição para os problemas práticos que solicitam construções de soluções (ARTIGUE, 1995).

De acordo com Artigue (2014, p. 468, tradução nossa) "o surgimento, consolidação e evolução da Engenharia Didática podem ser rastreados nas sucessivas escolas de verão de Didática da Matemática, organizadas a cada dois anos na França, desde 1980". Em sua revisão histórica sobre a Engenharia Didática, a autora concentra-se em três edições específicas, a saber: 1982, 1989, 2009 (Figura 1):

**Figura 1** - Revisão histórica a partir das escolas de verão da Didática da Matemática



Fonte: Organizado pelas autoras, com base em Artigue (2014).

Na escola de verão de 1982, percebia-se certa "convicção compartilhada de que a pesquisa didática deve dar um papel mais central para a construção e estudo das realizações de sala de aula" (ARTIGUE, 2014, p. 469, tradução nossa). Chevallard, por exemplo, preparou uma nota manuscrita apontando a necessidade de desenvolver metodologias específicas com base em realizações de sala de aula, justificando-as por razões teóricas e práticas, e Brousseau realizou cursos e sessões práticas em torno do tema (ARTIGUE, 2014).

Na edição de 1989, Michèle Artigue foi convidada para dar um curso sobre a Engenharia Didática (ARTIGUE, 1989), contribuindo assim para sua institucionalização como metodologia de pesquisa, explicitando suas características e suas ligações fundamentais com a teoria das situações didáticas. Nesse curso a autora apontou, em relação à Engenharia Didática, que:

[...] seus vínculos privilegiados com a teoria das situações didáticas não impediram pesquisadores que usam esta metodologia de confiar em outras abordagens teóricas.

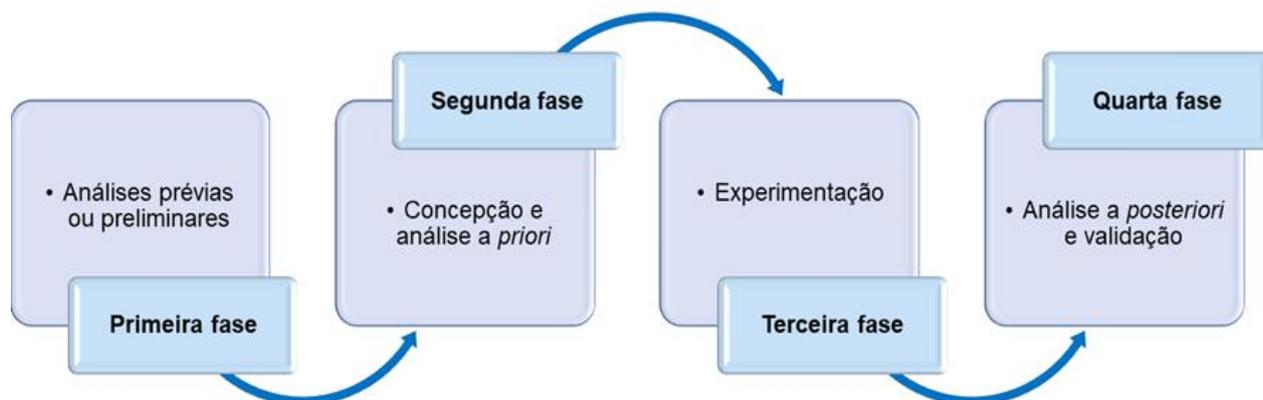
[...] se a Engenharia Didática tivesse se consolidado como uma metodologia de pesquisa, o problema de estabelecer vínculos produtivos entre pesquisa e prática não teria sido resolvido. A Engenharia Didática produzida pela pesquisa foi divulgada por meio de artigos educacionais e formação de professores, mas houve algumas evidências de que ao longo desta disseminação, tendia a perder sua essência e valor (ARTIGUE, 2014, p. 469, tradução nossa).

Observava-se, assim, a necessidade de uma reflexão mais aprofundada sobre o conceito de Engenharia Didática, sendo este o propósito exato da escola de verão de 2009 (ARTIGUE, 2014). Nessa edição, Artigue (2014) apontou que a Engenharia Didática, ainda era uma metodologia de pesquisa importante, mas havia deixado de ser a metodologia privilegiada e também havia migrado para fora de seu habitat original, sendo estendida à formação de professores e ao estudo de práticas pedagógicas inovadoras, incluindo educação informal, didáticos de outras disciplinas, pesquisadores formados em outros países e culturas, entre outros.

Carneiro (2005) ressalta que a Engenharia Didática surgiu em vista de atender duas questões: 1) as relações entre a pesquisa e ação no sistema de ensino e 2) um lugar para realizações didáticas entre as metodologias de pesquisa. Deste modo, constituem produções para o ensino, que resultam das pesquisas, assim como caracterizam uma metodologia de pesquisa embasada em experiências de sala de aula (CARNEIRO, 2005). De acordo com Pais (2011, p. 99) “[...] a engenharia didática possibilita uma sistematização metodológica para a realização prática da pesquisa, levando em consideração as relações de dependência entre a teoria e a prática”.

Da mesma forma, Artigue (2014) aponta que tem seu início como uma metodologia de pesquisa e seu desenvolvimento baseado em realizações de sala de aula, na forma de sequências de aulas e que uma pesquisa, seguindo os princípios da Engenharia Didática, percorre quatro fases distintas (Figura 2):

**Figura 2** - Fases da Engenharia Didática



Fonte: Elaborado pelas autoras, com base em Artigue (2014).

Na primeira fase, análises prévias ou preliminares, realiza-se o reconhecimento do contexto educacional. Artigue (2014) indica que nessa fase é definida a base para a fase de concepção do processo. Para isso, o pesquisador faz a análise de três dimensões: a epistemológica, associada às características do conhecimento a ser ensinado; a cognitiva, relacionada às características cognitivas dos estudantes, os conhecimentos dos estudantes sobre os conceitos estudados; e a didática, associada às características da realização ou forma como os conceitos são ensinados.

Na segunda fase, concepção e análise *a priori*, norteadas pela fase anterior, delimitam-se as variáveis pertinentes ao problema estudado, denominadas variáveis de comando, sendo elas microdidáticas ou macrodidáticas. Essas variáveis de comando diferenciam-se em dois pontos: 1) em níveis locais, que se relacionam de forma eventual com a seleção global, referem-se a uma seção ou fase da engenharia; e 2) as variáveis globais que são relativas à organização geral da engenharia (ARTIGUE, 2014).

A terceira fase, a experimentação, conforme Artigue (2014), compreende a aplicação, experimentação das atividades que foram planejadas anteriormente, ou seja, momento de se colocar em prática o que foi elaborado.

Na quarta fase, análise *a posteriori* e validação, consideram-se todas as informações obtidas na fase de experimentação, assim como realiza-se a comparação entre as análises *a priori* e *a posteriori* para que se efetue, ou não, a validação das hipóteses elaboradas inicialmente na investigação (ARTIGUE, 2014).

### 3. CAMINHOS METODOLÓGICOS

A abordagem metodológica desta investigação é qualitativa bibliográfica, do tipo mapeamento. Biembengut (2008) define mapeamento como:

[...] um conjunto de ações que começa com a **identificação dos entes ou dados envolvidos com o problema a ser pesquisado**, para, a seguir, **levantar, classificar e organizar** tais dados de forma a tornarem mais aparentes as questões a serem avaliadas, **reconhecer padrões, evidências, traços comuns ou peculiares**, ou ainda **características indicadoras de relações genéricas**, tendo como referência o espaço geográfico, o tempo, a história, a cultura, os valores, as crenças e as ideias dos entes envolvidos (BIEMBENGUT, 2008, p. 74, grifo nosso).

A análise dos dados é orientada por princípios da análise de conteúdo (BARDIN, 2016) em que são considerados três polos cronológicos: pré-análise, exploração do material, tratamento dos resultados e interpretações.

A pré-análise é a fase de organização propriamente dita em que são realizadas as escolhas dos documentos a serem submetidos à análise, a formulação das hipóteses e dos objetivos e a elaboração de indicadores que fundamentem a interpretação final. A exploração do material, corresponde à análise propriamente dita, por meio da aplicação sistemática de decisões tomadas na fase inicial. No tratamento dos resultados e interpretações, efetuam-se aprimoramentos e sistematização dos resultados, a fim de torná-los válidos e significativos, sendo utilizadas operações estatísticas simples (porcentagem), permitindo, assim, construir gráficos e quadros de resultados, os quais condensam e põem em relevo as informações fornecidas pela análise (BARDIN, 2016).

A fim de organização deste artigo, na próxima seção apresenta-se a pré-análise e em seguida a fase de exploração do material e a de tratamento dos resultados e interpretações de modo articulado.

#### 3.1 Pré-análise

Inicialmente, apresenta-se o caminho percorrido para a escolha dos documentos a serem submetidos à análise. Deste modo, o levantamento dos dados foi realizado em 18 de dezembro de 2021, no Catálogo de Teses e Dissertações da Capes, sendo utilizada a palavra-chave "engenharia didática".

Obteve-se, assim, um total de 588 trabalhos, sendo que desses, 248 são de Mestrado Profissional, 203 de Mestrado Acadêmico, 69 de Doutorado, e 64 de Mestrado Profissionalizante.

Optou-se por analisar as teses de doutorado, considerando a “originalidade da abordagem e pelo aprofundamento teórico sobre o tema em estudo” (CAPES, 2022). No Gráfico 1 apresenta-se a distribuição das 69 teses conforme o ano de defesa:

**Gráfico 1** - Distribuição das teses por ano de defesa (1996-2021)



Fonte: Dados da pesquisa.

A partir do Gráfico 1, observa-se na década de 1990 apenas duas pesquisas: uma delas vinculada à área de Educação e a outra à área de Engenharia de Produção. Nos primeiros anos 2000, ou seja, no período compreendido entre 2000 e 2010, verificam-se 11 pesquisas, sendo cinco provenientes de doutorados em Educação Matemática (todos da PUC-SP), duas de doutorados em Educação, duas de doutorados em Informática na Educação e uma de doutorado em Engenharia de Teleinformática.

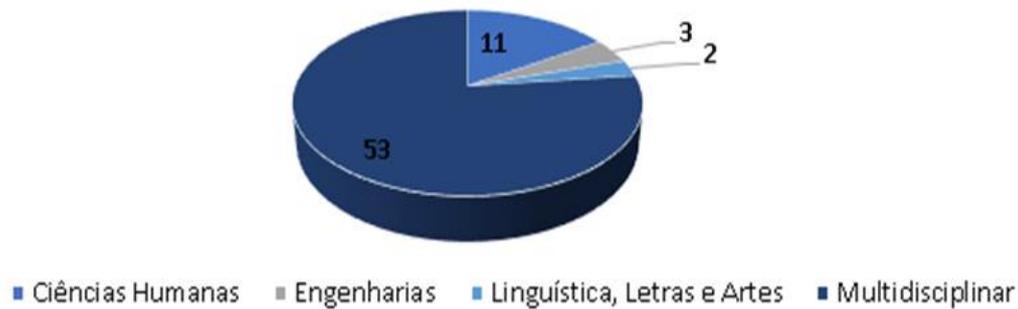
Cabe ressaltar que todas essas 11 pesquisas têm foco no campo da Matemática, embora provenientes de distintos programas de pós-graduação. Esse fato pode estar relacionado com o que sugeriram Fiorentini e Lorenzato (2006), em relação à quarta fase de desenvolvimento da Educação Matemática brasileira como campo profissional e área de investigação, ou seja, com a emergência de uma comunidade científica em Educação Matemática em meados dos anos 1990 e 2000.

Já no período 2011 a 2020, observa-se aumento significativo de pesquisas, ou seja, 54 pesquisas, o que corresponde a 78,26% do total de teses identificadas no período (1996-2021). Destaca-se, ainda, que pela busca das pesquisas ter sido realizada em dezembro de 2021, pode ser que outras pesquisas tenham sido inseridas no sistema após essa data, tanto as defendidas ainda em 2021 ou ainda aquelas defendidas em 2020, mas que sua publicação tenha sido permitida apenas um ou dois anos após a defesa. Deste modo, torna-se pertinente ampliar este estudo futuramente.

Quanto aos orientadores, foram identificados 46 distintos, sendo verificado um número expressivo de orientações por Saddo Ag Almouloud (6), Maria José Ferreira da Silva (4), Mércles Thadeu Moretti (4), Bárbara Lutaif Bianchini (3), Luiz Márcio Santos Farias (3), Marlene Alves Dias (3), Sonia Barbosa Camargo Iglioni (3), Hermínio Borges Neto (3), os demais com duas ou uma orientação. A partir de uma busca no currículo lattes desses pesquisadores, verifica-se que todos possuem formação na área de matemática e, além disso, a maioria realizou doutorado e/ou pós-doutorado na França, o que pode indicar relações com a Engenharia Didática.

Em termos de organização quanto à Grande Área do Conhecimento, verifica-se a seguinte distribuição, conforme o Gráfico 2 a seguir:

**Gráfico 2** - Distribuição das pesquisas conforme Grande Área do Conhecimento  
**Distribuição conforme Grande Área do Conhecimento**



Fonte: Dados da pesquisa.

Das 69 pesquisas, 53 estão na grande área Multidisciplinar, 11 nas Ciências Humanas, três nas Engenharias e duas na Linguística, Letras e Artes. Na Grande Área Multidisciplinar, 44 pesquisas são de Ensino de Ciências e Matemática, cinco de Ensino, duas de Interdisciplinar e duas de Sociais e Humanidades. Na Ciências Humanas, 11 pesquisas referem-se à área da Educação.

Assim, com relação às 64 pesquisas pertencentes às duas grandes áreas (Multidisciplinar e Ciências Humanas), identificou-se, dentre essas, a partir da leitura dos títulos e resumos, aquelas que possuem como foco de estudo o campo da Geometria. Ou seja, foram consideradas aquelas pesquisas que apresentaram o termo “geometria” ou suas variações como “geométricas” no título, e/ou então apresentaram esses termos no resumo do texto.

Portanto, considerando o caminho percorrido, bem como os critérios de seleção adotados, o *corpus* de análise foi constituído por 15 pesquisas. Assim, no Quadro 1 são expostas as denominações que serão utilizadas ao longo do texto, bem como o ano de publicação, nome do autor, instituição de ensino superior (IES), doutorado, além do título do trabalho.

**Quadro 1:** *Corpus* de análise

P	Ano	Autor(a)	IES	Doutorado	Título
1	2001	Gravina, Maria Alice	Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Informática na Educação	Os ambientes de Geometria dinâmica e o pensamento hipotético-dedutivo
2	2009	Salazar, Jesus Victoria Flores	Pontifícia Universidade Católica de São Paulo	Educação Matemática	Gênese instrumental na interação com Cabri 3d: um estudo de transformações geométricas no espaço
3	2011	Juca, Adelmir de Menezes	Universidade Federal do Ceará	Educação	Construções geométricas no ambiente virtual de ensino telemeios com mediação na sequência Fedathi
4		Nunes, José Messildo Viana	Pontifícia Universidade Católica de São Paulo	Educação Matemática	A prática da argumentação como método de ensino: o caso dos conceitos de área e perímetro de figuras planas

5	2015	Paranhos, Marcos de Miranda	Pontifícia Universidade Católica de São Paulo	Educação Matemática	Parametrização e movimentação de curvas e superfícies para uso em modelação matemática
6	2016	Ferreira, Maridete Brito Cunha	Pontifícia Universidade Católica de São Paulo	Educação Matemática	Uma organização didática em quadrilátero que aproxime o aluno de licenciatura das demonstrações geométricas
7		Trevisan, Eberson Paulo	Universidade Federal de Mato Grosso	Educação em Ciências e Matemática	Um estudo sobre a articulação entre validações empíricas e teóricas no ensino de geometria com professores da rede pública
8	2018	Almeida, Gladiston dos Anjos	Universidade Cruzeiro do Sul	Ensino de Ciências	Uma (Re)construção praxeológica no estudo de conteúdos da Geometria com alunos da licenciatura da matemática
9		Moura, Liliansa Karla Jorge de	Universidade Federal de Mato Grosso	Educação em Ciências e Matemática	Visualização dinâmica no ensino de Geometria
10		Silva, Sergio Florentino da	Universidade Federal De Santa Catarina	Educação Científica e Tecnológica	Ensino e aprendizagem das superfícies quádricas no ensino superior: uma análise baseada na teoria dos registros de representações semióticas com o uso do GeoGebra
11		Souza, Roberta Nara Sodrê de	Universidade Federal de Santa Catarina	Educação Científica e Tecnológica	Desconstrução dimensional das formas: gesto intelectual necessário à aprendizagem de Geometria
12		Santos, Clodogil Fabiano Ribeiro dos	Universidade Tecnológica Federal do Paraná	Ensino de Ciência e Tecnologia	A robótica educacional como recurso de mobilização e explicitação de invariantes operatórios na resolução de problemas
13		Menoncin, Lucia	Universidade Federal de Santa Catarina	Educação Científica e Tecnológica	O jogo das operações semióticas na aprendizagem da integral definida no cálculo de área
14		2019	Benito, Ricardo Nicasso	Pontifícia Universidade Católica de São Paulo	Educação Matemática
15	Silva, Alessandra Lisboa da		Universidade de Brasília	Educação	Uma engenharia didática para aprendizagem de Geometria analítica no Ensino Médio

Fonte: Dados da pesquisa.

A partir do Quadro 1, observa-se que, das 15 pesquisas, apenas duas concentram-se nos primeiros anos 2000 e as 13 pesquisas restantes na primeira década (2011-2019). Além disso há uma variedade

nas IES, sendo identificadas oito: PUC-SP (5), UFSC (3), UFMT (2), UFRGS (1), UFC (1), Unicsul (1), UNB (1), UTFPR (1).

Após a apresentação destes aspectos mais gerais, foram identificados indicadores mais específicos, como: objetivo, conceitos/conteúdos geométricos explorados nas pesquisas, nível de ensino em que foram desenvolvidas, bem como de que modo a pesquisa organizou-se em termos de utilizar a metodologia da Engenharia Didática.

Destaca-se que para a análise, por não obtermos o acesso ao texto completo de P7, devido a sua divulgação não ser autorizada no catálogo Capes, não se pôde realizar a análise mais detalhada dessa pesquisa. Desta forma, as informações a seguir referem-se à análise das outras 14 pesquisas.

### 3.2 Exploração do material e tratamento dos resultados e interpretações

Considerando os indicadores de análise anteriormente descritos, organizou-se essa subseção conforme os sujeitos participantes das pesquisas, desta forma, temos as seguintes categorias: Pesquisas desenvolvidas na Educação Básica e/ou Ensino Técnico e Pesquisas desenvolvidas no Ensino Superior.

#### 3.2.1 Categoria 1: Pesquisas desenvolvidas na Educação Básica e/ou Ensino Técnico

Das 14 pesquisas que constituem o *corpus*, apenas 5 foram desenvolvidas na Educação Básica, sendo que destas, apenas uma delas no Ensino Fundamental e além disso, nos anos iniciais.

**Quadro 2: Distribuição das pesquisas quanto ao objetivo, conteúdo e sujeitos**

P	Objetivo/Questão de pesquisa	Conteúdo/Objeto de estudo	Educação Básica		
			EF	EM	EM/Técnico
2	Observar como os estudantes do segundo ano do Ensino Médio apropriam-se das transformações geométricas no espaço, quando interagem com o ambiente de Geometria Dinâmica Cabri 3, bem como qual raciocínio mobilizam quando desenvolvem atividades que abrangem esse conteúdo.	Transformações geométricas no espaço	-	2º	
4	Em que medida a prática da argumentação pode se apresentar como método que favoreça a compreensão de conceitos de matemática, tomando como referência o caso da área e perímetro de figuras planas.	Área e perímetro de figuras planas	5º	-	
9	Investigar se e como a visualização geométrica com dinâmica mental é importante para a compreensão de conceitos geométricos.	Visualização geométrica	-	-	EM/Agropecuária
11	Apontar direcionamentos que podemos indicar em problemas que envolvem figuras geométricas, de abordar intencionalmente a desconstrução geométrica no Ensino Básico de forma a possibilitar a aprendizagem dessa operação fundamental à construção dos conceitos em Geometria.	Desconstrução geométrica	-	-	EM/Mecânica
15	Analisar os resultados de uma sequência didática que envolve um jogo colaborativo de Geometria analítica, nos processos de aprendizagem do estudo do ponto e da reta para os estudantes do 3º ano do Ensino Médio.	Geometria analítica (Ponto e reta)	-	3º ano	

Fonte: Dados da pesquisa.

A partir dos objetivos e/ou questões de pesquisa das cinco teses (Quadro 2), observa-se aproximação com os objetivos identificados nas pesquisas investigadas em Almouloud e Coutinho (2008, p.76), sendo que “o estudo do processo de ensino e aprendizagem de um dado conceito e a construção de uma sequência didática com o intuito de proporcionar ao aluno condições favoráveis à construção e compreensão desse conceito”. Neste estudo, destacamos a utilização de tecnologias digitais (P2), jogo colaborativo (P15), prática da argumentação (P4) e ainda aspectos relacionados às operações semióticas de visualização (P9) e desconstrução geométrica (P11).

A P4 foi a única desenvolvida com alunos dos anos iniciais do Ensino Fundamental. Essa pesquisa tratou da prática da argumentação como método de ensino, com foco nos conceitos de área e perímetro de figuras planas, por meio de uma sequência didática modelada e analisada com base nas fases que compõem o processo argumentativo de Toulmin. A metodologia do estudo apoiou-se em pressupostos da Engenharia Didática, utilizando duas instituições argumentativas: a sala de aula e o laboratório de informática, por meio do *software* GeoGebra.

A P2 e a P15 foram desenvolvidas com estudantes do Ensino Médio. P2 investigou as transformações geométricas no espaço com a utilização do ambiente de Geometria Dinâmica Cabri 3D. Para isso, baseou-se na abordagem instrumental de Rabardel e na teoria dos registros de representação semiótica de Duval. Já P15 teve o enfoque na Geometria Analítica por meio de uma sequência didática que envolveu um jogo colaborativo, com embasamento teórico nos pressupostos da aprendizagem colaborativa, dos pequenos grupos colaborativos, do jogo e da teoria das situações didáticas de Brousseau.

No Ensino Médio integrado ao Ensino Técnico, identificou-se P9 e P11. Ambas as pesquisas discutiram aspectos importantes para a compreensão dos conceitos geométricos. P9 investigou a visualização geométrica com dinâmica mental por meio de uma sequência didática embasada no modelo de desenvolvimento geométrico de Van Hiele e também se fundamentou na teoria das situações didáticas de Brousseau. Já P11, a desconstrução geométrica das formas desenvolvendo uma sequência de atividades com problemas envolvendo diferentes apreensões e mudanças dimensionais das figuras geométricas, embasada nos registros de representação semiótica unida a elementos da Engenharia Didática. Além disso, também utilizou o aplicativo do GeoGebra.

### 3.2.2 Categoria 2: Pesquisas desenvolvidas no Ensino Superior

As 9 pesquisas desenvolvidas no Ensino Superior foram em cursos de Graduação, sendo que, apenas P12 também teve como sujeitos professores da Educação Básica.

**Quadro 3:** Distribuição das pesquisas quanto ao objetivo, conteúdo e sujeitos

P	Objetivo/Questão de pesquisa	Conteúdo/Objeto de estudo	Ensino Superior	
			FI	FC
1	O que acontece com os processos cognitivos quando ao sujeito em interação com a máquina é possibilitada a concretização de seus construtos e ações mentais, e quando, mediante realimentação imediata, ele é levado a novas reelaborações e construções mentais? E como tais processos concorrem para um novo conhecimento?	Geometria Euclidiana	Calouros do curso de Licenciatura em Matemática	-

3	Avaliei as potencialidades de um Ambiente Virtual de Ensino – Telemeios no desenvolvimento de um curso a distância de Construções Geométricas com régua e compasso com o professor exercendo sua função mediadora seguindo as orientações da Sequência Feda-thi.	Construções Geométricas com régua e compasso	Graduandos em matemática e em sistemas de informação	-
5	Quais são as possibilidades de elaboração de atividades de sistematização, articulação e aplicação de objetos matemáticos estudados nas disciplinas de Cálculo Diferencial e Integral (CDI), Geometria Analítica (GA) e Álgebra Linear (AL), para aprofundar o estudo dessas disciplinas?	CDI, GA, AL	Alunos que já cursaram essas disciplinas	-
6	Investiga uma proposta didática cujas tarefas articulam provas e demonstrações como estratégia metodológica de ensino para minimizar as dificuldades relacionadas ao tópico 'quadriláteros' em um curso de licenciatura em matemática.	Quadriláteros	Licenciatura em Matemática	-
8	Quais as contribuições e restrições do estudo de atividades de Geometria na construção do conhecimento geométrico que integre conteúdo da Geometria plana, Geometria analítica plana e Geometria analítica vetorial na formação dos alunos da Licenciatura em Matemática?	Geometria Plana, Geometria Analítica plana e Geometria Analítica Vetorial	Licenciatura em Matemática	-
10	Analisar o ensino e a aprendizagem das superfícies quádricas com especial atenção às quádricas não cilíndricas e não degeneradas (elipsoide; hiperboloide de uma folha; hiperboloide de duas folhas; cone quádrico elíptico; paraboloides elíptico; paraboloides hiperbólico)	Quádricas	Graduandos em Engenharia de Telecomunicações	-
12	Identificar as evidências que validem o uso da robótica educacional, e do pensamento computacional a ela associado, como instrumento de explicitação dos invariantes operatórios mobilizados pelos sujeitos da pesquisa na resolução de problemas que envolvem álgebra elementar e geometria.	Problemas que envolvem Álgebra Elementar e Geometria	Estudantes de Licenciatura	Professores da EB que ensinam matemática/afins
13	Investigamos como alunos de um curso de Licenciatura em Matemática usavam operações semióticas na aprendizagem da integral no cálculo de área	Integral no cálculo de área	Licenciatura em Matemática	-
14	Investigar de que maneira o dispositivo dos Percursos de Estudo e Pesquisa para Formação de Professores, podem ajudar esse grupo de futuros professores a questionar, analisar, desenhar e experimentar processos de ensino a respeito de cônicas.	Cônicas	Licenciatura em Matemática	-

Fonte: Dados da pesquisa.

Quanto aos objetivos/questões de pesquisa, na Categoria 2 destaca-se, assim como na Categoria 1, a utilização de tecnologias digitais (P1, P3 e P12) e de operações semióticas (P6, P10 e P13), mas

também a articulação entre disciplinas e/ou conteúdos (P5 e P8), percursos de estudo e pesquisa (P14) e o ensino e a aprendizagem de um conteúdo específico (P10).

Quanto às tecnologias digitais, destaca-se P1, P3 e P12. P1 propôs uma Engenharia Didática em ambiente de Geometria dinâmica apoiada na teoria piagetiana e nas situações didáticas. P3, o desenvolvimento de um curso a distância em um ambiente virtual de ensino (Telemeios<sup>4</sup>) envolvendo construções geométricas com régua e compasso com o professor exercendo sua função mediadora, seguindo as orientações da sequência Fedati<sup>5</sup>, por meio de uma pesquisa-ação participativa. Já P12 desenvolveu sequências didáticas estruturadas e aplicadas no âmbito dos Clubes de Robótica e Automação, sendo estas fundamentadas na teoria dos campos conceituais de Vergnaud.

A P6 investigou uma proposta didática cujas tarefas articulam provas e demonstrações como estratégia metodológica, sendo que essas tarefas envolveram construções geométricas em um ambiente de papel e lápis, em que os alunos precisavam construir figuras geométricas e justificar matematicamente as técnicas utilizadas. A pesquisa fundamentou teoricamente suas análises em: registros de representação semiótica, situações didáticas e antropológica do didático. P13 também se embasou na teoria dos registros de representação semiótica de Duval, organizando uma sequência didática explorando a diversidade de registros de representação e operações semióticas, principalmente tratamentos e conversões na aprendizagem da integral no cálculo de área. O *software* GeoGebra foi um recurso utilizado na sequência didática.

Na P10, o objetivo geral também foi na perspectiva da teoria dos registros de representações semióticas, principalmente no que diz respeito à abordagem de interpretação global de propriedades figurais, as funções discursivas da linguagem e as operações cognitivas de conversão e tratamento, analisando as superfícies quádricas sobre o ponto de vista das dimensões epistemológica, cognitiva, didática e, perpassando todas elas, a dimensão semiótica. Nessa tese foi analisado o ensino e a aprendizagem de superfícies quádricas não cilíndricas e não degeneradas por meio de mídias lápis-papel e o *software* GeoGebra nas sequências de ensino propostas.

A integração de conteúdos e/ou disciplinas foi explorada em P5 e P8. P5 desenvolveu atividades de Modelação Matemática no *software* Winplot para alunos do Ensino Superior da área de Ciências Exatas, realizando a sistematização, a articulação e a aplicação de objetos matemáticos estudados nas disciplinas de Cálculo Diferencial e Integral (CDI), Geometria Analítica (GA) e Álgebra Linear (AL). Já P8, o estudo de atividades de Geometria na construção do conhecimento geométrico integrando os conteúdos da Geometria plana, da Geometria Analítica Plana e da Geometria Analítica Vetorial com alunos da Licenciatura em Matemática, fundamentando-se na teoria antropológica do didático, tendo como unidade de análise a noção de praxeologia matemática e também em pressupostos metodológicos da Engenharia Didática de Percurso, na constituição de um Percurso de Estudo e Investigação.

---

<sup>4</sup> "TeleMeios é um ambiente telemático arquitetado com a utilização de rotinas de *softwares* livres, dotado de uma interface que permite a comunicação através de texto, som, imagem e e-mail, incorporando, desse modo, todos os recursos empregados, atualmente, na educação a distância e vai além ao possibilitar o compartilhamento total de aplicativos" (JUCÁ, 2011, p.7).

<sup>5</sup> Proposta teórico-metodológica concebida no Laboratório Multimeios, da Universidade Federal do Ceará, pelo prof. Dr. Hermínio Borges Neto (JUCÁ, 2011).

A P14 buscou desenhar, planejar e aplicar um Percurso de Ensino e Pesquisa para Formação de Professores de Matemática (PEP-FP) como uma formação inicial para o ensino de cônicas. Para tanto, embasou-se na teoria antropológica do didático e seu foco foi na formação inicial de professores de Matemática para o ensino das cônicas (parábola, elipse e hipérbole).

### 3.2.3 Engenharia Didática nas pesquisas

Nesta subseção serão apresentados aspectos mais específicos relacionados com a Engenharia Didática desenvolvida nas pesquisas, tais como referenciais mencionados, organização das fases e instrumentos utilizados. No Quadro 4 apresentam-se os autores e as obras conforme os referenciais da Engenharia Didática mencionados nas teses.

**Quadro 4:** Distribuição das pesquisas quanto aos referenciais da Engenharia Didática

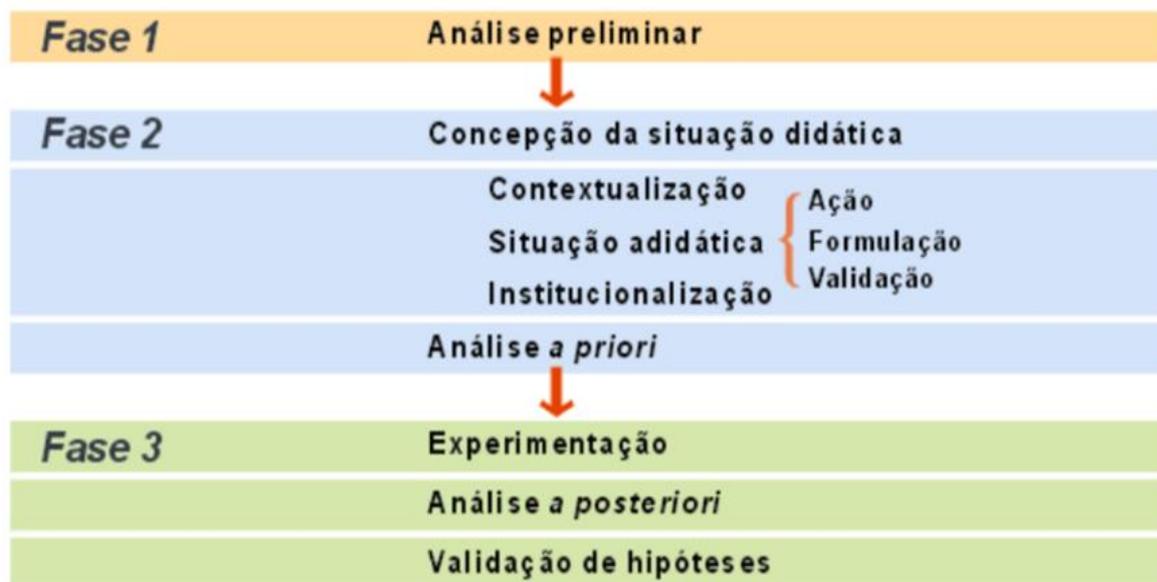
<b>Autores/ ano/ título</b>	<b>Pesquisas</b>
<b>Almouloud (2007) e/ou (2010):</b> Fundamentos da didática da Matemática.	P4, P5, P6
<b>Almouloud e Coutinho (2008):</b> Engenharia Didática: características e seus usos em trabalhos apresentados no GT-19 / ANPEd.	P12
<b>Almouloud e Silva (2012):</b> Engenharia didática: evolução e diversidade.	P12
<b>Artigue (1988) e/ou (1995) e/ou (1996) e/ou (1998):</b> Ingèniere didactique	P1, P2, P4, P5, P6, P9, P10, P11, P12, P13, P15
<b>Barquero e Bosch (2015):</b> Didactic engineering as a research methodology: From fundamental situations to study and research paths.	P14
<b>Brousseau (1986):</b> Fondaments et méthodes de la didactique des Mathématiques.	P6, P12
<b>Chevallard (2009):</b> La notion d'ingénierie didactique, un concept à refonder.	P8
<b>Machado (1999) e/ou (2002):</b> Engenharia didática.	P3, P5
<b>Pais (2001):</b> Didática da Matemática: uma análise da influência francesa.	P3
<b>Pais (2002):</b> Introdução	P5
<b>Pommer (2013):</b> A engenharia didática em sala de aula: elementos básicos e uma ilustração envolvendo as equações diofantinas lineares.	P5

Fonte: Dados da pesquisa.

Observa-se que, em sua grande maioria, o embasamento teórico principal foi em Artigue (1988, 1995, 1996, 1998). Os demais trabalhos evidenciaram fundamentação teórica em Pais (2001, 2002), Machado (1999, 2002), Almouloud (2007, 2010), Almouloud e Silva (2012), Almouloud e Coutinho (2008) e Pommer (2013), que partem dos pressupostos teóricos de Artigue. E ainda cabe destacar que uma das teses fundamentou sua base teórica em Barquero e Bosch (2015) e outra em Chevallard (2009).

É interessante destacar que os trabalhos analisados, de modo geral, contemplam as quatro fases da Engenharia Didática, exceto a P1, que apresenta em sua metodologia a descrição de três fases (Figura 3).

**Figura 3** - Fases da investigação de P1, com base na Engenharia Didática



Fonte: Gravina (2001, p. 101).

Com relação à Figura 3, identificou-se em P1 as quatro fases da Engenharia Didática, mesmo que no esquema elaborado pela autora sejam mencionadas apenas três fases. Ou seja, percebe-se que a autora realizou a fase quatro (análise a *posteriori* e validação) juntamente com a fase três.

No que tange aos trabalhos analisados neste estudo, dentre os instrumentos usados nas teses, evidenciou-se, em sua maioria, a utilização de sequência didática (P3, P4, P9, P11, P12, P13 e P15), nas demais pesquisas pode-se observar o uso de sequência de atividades (P1, P2 e P5), sequência de ensino (P10), sequência de tarefas (P6), percurso de ensino e pesquisa para formação de professores de Matemática (PEP-FP) (P14) e percurso de estudo e investigação (P8).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta investigação foram mapeadas teses que utilizaram a Engenharia Didática como abordagem metodológica e que possuem como foco de estudo o campo da Geometria. Assim, ao utilizar a palavra-chave “engenharia didática” no Catálogo de Teses e Dissertações da Capes, identificou-se que 64 pesquisas, de um total de 588, são teses e pertencem às grandes áreas Multidisciplinar e Ciências Humanas. Dessas, 15 têm como foco de estudo o campo da Geometria.

A partir da análise dessas 15 pesquisas buscou-se distribuí-las quanto a aspectos mais gerais, como o período de defesa e as instituições de ensino superior vinculadas, e aspectos mais específicos, como objetivos/questão de pesquisa, objeto de estudo/conteúdos explorados, nível em que foram abordados, bem como referenciais sobre a Engenharia Didática e instrumentos utilizados.

Assim, apenas duas pesquisas concentram-se nos primeiros anos 2000 e as demais na primeira década (2011-2019). Aponta-se variedade quanto às IES, sendo a PUC-SP e a UFSC as instituições com mais trabalhos. De modo mais específico, verifica-se que os conceitos/conteúdos geométricos mais explorados são os de Geometria Plana e Geometria Analítica, e o nível em que foram desenvolvidas com mais frequência foi o Ensino Superior, na Formação Inicial.

Em relação à utilização da abordagem metodológica da Engenharia Didática, observa-se que a maior parte das pesquisas têm a sua fundamentação teórica embasada em Michelle Artigue, assim como os trabalhos analisados percorreram as quatro fases da Engenharia Didática. Além disso, evidenciou-se nas teses que a sequência didática foi o instrumento mais utilizado para o desenvolvimento desta abordagem.

Por fim, acredita-se que a partir deste estudo pôde-se responder que aspectos e dimensões vêm sendo destacados e privilegiados em diferentes épocas e lugares quanto à Engenharia Didática, nas teses que tiveram como foco o estudo da Geometria. Entretanto, cabe ressaltar que, para uma visão ainda mais ampla dessa abordagem metodológica na produção científica, é necessário também considerar outras fontes de produção de dados, como dissertações, sejam as vinculadas a mestrados acadêmicos ou profissionais, e ainda artigos publicados em periódicos ou anais de eventos da área.

## AGRADECIMENTOS

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

## 5. REFERÊNCIAS

ALMOULOU, S. A.; SILVA, M. J. F. Engenharia didática: evolução e diversidade. **Revemat: Revista Eletrônica de Educação Matemática**, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 22- 52, 2012.

ALMOULOU, S. A.; COUTINHO, C. de Q. S. Engenharia Didática: características e seus usos em trabalhos apresentados no GT-19 / ANPEd. **Revemat: Revista Eletrônica de Educação Matemática**, Florianópolis, v. 3, n. 1, p. 62- 77, 2008.

ARTIGUE, M. **Ingeniería Didáctica en Educación matemática**. Bogotá: Grupo Editorial Iberoamérica, pp. 33-59; 97-137, 1995.

ARTIGUE, M. **Perspectives on design research: the case of didactical engineering**. Angelika BiknerAhsbals; Christine Knipping; Norma Presmeg. Approaches to qualitative research in mathematics education, Springer, pp.467-496, 2014. ff10.1007/978-94-017-9181-6\_17ff. ffhal-02368164f.

ALMEIDA, G. dos A. **Uma (re)construção praxeológica no estudo de conteúdos da Geometria com alunos da Licenciatura da Matemática**. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) - Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo, 2018. 200 f.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Tradução Luis Antero Reto, Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2016.

BENITO, R. N. **Construção de um percurso de estudo e pesquisa para formação de professores: o ensino de cônicas**. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2019. 220 f.

BIANCHINI, B. L.; MACHADO, S. D. A. A engenharia didática em pesquisas publicadas nos últimos dez anos da revista educação matemática pesquisa. **Educ. Matem. Pesq.**, São Paulo, v.21, n.5, p.618-635, 2019.

- BIEMBENGUT, M. S. **Mapeamento na Pesquisa Educacional**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2008.
- BRASIL, M. E. C. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- CAPES. **Sobre a CAPES**: perguntas frequentes. Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/aceso-a-informacao/perguntas-frequentes/sobre-a-cap>. Acesso em: 12 maio. 2022.
- FERREIRA, M. B. C. **Uma organização didática em quadrilátero que aproxime o aluno de licenciatura das demonstrações geométricas**. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2016. 342 f.
- GRAVINA, M. A. **Os Ambientes de Geometria Dinâmica e o Pensamento Hipotético-Dedutivo**. Tese (Doutorado em Informática na Educação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001. 274 f.
- JUCA, A. de M. **Construções geométricas no ambiente virtual de ensino telemáticos com mediação na sequência Fedathi**. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011. 301 f.
- LOPES, T. B.; PALMA, R. C. D. da; FRANCO DE SÁ, P. Engenharia didática como metodologia de pesquisa nos projetos publicados no EBRAPEM (2014-2016). **Educ. Matem. Pesq.**, São Paulo, v.20, n.1, p.159-181, 2018.
- MENONCINI, L. **O jogo das operações semióticas na aprendizagem da integral definida no cálculo de área**. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018. 228 f.
- MOURA, L. K. J. de. **Visualização dinâmica no ensino de Geometria**. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemática - UFMT - UFPA – UEA) - Universidade Federal de Mato Grosso, Belém, 2018. 265 f.
- NUNES, J. M. V. **A prática da argumentação como método de ensino**: o caso dos conceitos de área e perímetro de figuras planas. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2011. 219 f.
- PAIS, L. C. **Didática da Matemática**: uma análise da influência francesa. 3. ed. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2011.
- PARANHOS, M. de M. **Parametrização e movimentação de curvas e superfícies para uso em modelação matemática**. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2015. 147 f.
- PASA, B. C. **A noção de infinitésimo no esboço de curvas no ensino médio**: por uma abordagem de interpretação global de propriedades figurais. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017. 311 f.
- SALAZAR, J. V. F. **Gênese instrumental na interação com Cabri 3D**: um estudo de transformações geométricas no espaço. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2009. 317 f.
- SANTOS, C. F. R. dos. **A robótica educacional como recurso de mobilização e explicitação de invariantes operatórios na resolução de problemas**. Tese (Doutorado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2018. 206 f.

SILVA, S. F. da. **Ensino e aprendizagem das superfícies quádricas no ensino superior**: uma análise baseada na teoria dos registros de representações semióticas com o uso do GeoGebra. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018. 555 f.

SILVA, A. L. da. **Uma engenharia didática para aprendizagem de Geometria analítica no ensino médio**. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade de Brasília, Brasília, 2019. 245 f.

SOUZA, R. N. S. de. **Desconstrução dimensional das formas**: gesto intelectual necessário à aprendizagem de Geometria. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018. 269 f.

TREVISAN, E. P. **Um estudo sobre a articulação entre validações empíricas e teóricas no ensino de Geometria com professores da rede pública**. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemática - UFMT - UFPA – UEA) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2016. 257 f.

**Submissão: 07/04/2022**

**Aceito: 28/05/2022**