

EQUAÇÕES DIFERENCIAIS ORDINÁRIAS EM CURSOS DE ENGENHARIA: UM LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

ORDINARY DIFFERENTIAL EQUATIONS IN ENGINEERING COURSES: A BIBLIOGRAPHIC SURVEY

Tais Mara dos Santos¹

Henrique Rizek Elias²

Resumo: Esta pesquisa tem por objetivo levantar e analisar trabalhos (artigos, dissertações e teses) que investigaram o ensino e/ou a aprendizagem de Equações Diferenciais Ordinárias (EDO) em cursos de Engenharia no Brasil. O levantamento foi feito pelo Catálogo de Teses e Dissertações da Capes e em periódicos Qualis A1 e A2 da área de Ensino. A partir do disparador de busca e dos filtros definidos, foram levantados doze trabalhos. As análises foram realizadas com base nos seguintes aspectos: os objetivos das pesquisas; as principais fundamentações teóricas; o contexto em que foi realizada a pesquisa; e os tópicos de EDO focalizados e modelos matemáticos mais utilizados. Das análises, concluímos que todas as pesquisas focaram EDO de primeira ordem, principalmente as equações de variáveis separáveis. Todas as pesquisas possuem uma parte prática, isto é, todas elas desenvolveram uma sequência de atividades em turmas de Engenharia, mostrando uma característica intervencionista dessas investigações no Ensino Superior, sendo a Modelagem Matemática a abordagem de ensino mais utilizada.

Palavras-chave: Educação Matemática no Ensino Superior; Equações Diferenciais Ordinárias; Levantamento Bibliográfico.

Abstract: This research aims to survey and analyze works (papers, dissertations and theses) that investigated the teaching and/or learning of Ordinary Differential Equations (ODE) in Engineering courses in Brazil. The survey was carried out using the Capes Catalog of Theses and Dissertations and in Qualis A1 and A2 journals in the Teaching area. From the search trigger and the defined filters, twelve works were raised. The analyzes were carried out based on the following aspects: the research objectives; the main theoretical foundations; the context in which the research was carried out; and the most commonly used ODE topics and mathematical models. From the analyses, we concluded that all studies focused on first-order ODE, mainly equations of separable variables. All researches have a practical part, that is, they all developed a sequence of activities in Engineering classes, showing an interventionist characteristic of these investigations in Higher Education, with Mathematical Modeling being the most used teaching approach.

Keywords: Mathematics Education in Higher Education; Ordinary Differential Equations; Bibliographic Survey.

¹ Licenciada em Matemática pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Discente do curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática (UTFPR), Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: taissantos@alunos.utfpr.edu.br.

² Doutor em Ensino de Ciências e Educação Matemática pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Docente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: henriqueelias@utfpr.edu.br.

1 Introdução

Desde a publicação da Resolução CNE/CES nº 2 de 24 de abril 2019, que instituiu as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia (DCN de Engenharia), docentes dos cursos de Engenharia dos diferentes *campi* da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) estão discutindo as reformulações de seus cursos, a serem materializadas no Projeto Pedagógico do Curso (PPC), para tentar atender a tal Resolução. A partir do ano de 2023, tais reformulações estão sendo colocadas em prática nos cursos de Engenharia da UTFPR.

Dentre as competências gerais, indicadas na Resolução, que o curso de graduação em Engenharia deve proporcionar aos seus egressos ao longo da formação, destacamos:

II - analisar e compreender os fenômenos físicos e químicos por meio de modelos simbólicos, físicos e outros, verificados e validados por experimentação: a) ser capaz de modelar os fenômenos, os sistemas físicos e químicos, utilizando as *ferramentas matemáticas*, estatísticas, *computacionais* e de simulação, entre outras (BRASIL, 2019, p. 2, destaques nossos).

Diferentes disciplinas matemáticas, presentes na matriz curricular de um curso de Engenharia, oferecem ferramentas para modelar fenômenos físicos e químicos. Uma delas é a disciplina de Equações Diferenciais Ordinárias, uma vez que diversos fenômenos podem ser modelados por meio de uma equação diferencial. A Resolução também destaca o uso de ferramentas computacionais para desenvolver as competências pretendidas para o engenheiro, o que pode ser feito de maneira conectada com ferramentas matemáticas.

Sendo assim, aproveitando esse momento de reformulação dos cursos de Engenharia da UTFPR, em particular do *campus* Londrina, estamos realizando uma pesquisa de Mestrado Profissional em Ensino de Matemática³ que pretende analisar as ações do professor durante o desenvolvimento de uma tarefa exploratória, com uso do software *GeoGebra*, na disciplina de Equações Diferenciais Ordinárias (EDO) em um curso de Engenharia da UTFPR. Tal pesquisa de mestrado ainda está em sua fase inicial e este texto apresenta uma primeira etapa relevante para o seu andamento: uma pesquisa

³ Mestrado Profissional em Ensino de Matemática do Programa de Pós-graduação em Ensino de Matemática (PPGMAT) da UTFPR - *multicampi* Cornélio Procópio e Londrina.

bibliográfica de pesquisas científicas sobre o ensino e a aprendizagem de EDO em cursos de Engenharia.

Desse modo, este trabalho tem como objetivo levantar e analisar trabalhos (artigos, dissertações e teses), da área de Ensino, que investigaram o ensino e/ou a aprendizagem de EDO em cursos de Engenharia no Brasil. Para levantar as dissertações e teses, utilizamos o Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes)⁴, uma plataforma que permite o acesso a informações sobre teses e dissertações defendidas em Programas de Pós-Graduação do país. Para levantar os artigos⁵, consideramos periódicos Qualis A1 e A2 da área de Ensino (levando em consideração a classificação do Quadriênio 2017-2020).

O texto está organizado da seguinte maneira: na próxima seção apresentamos os procedimentos metodológicos, descrevendo as ferramentas e as escolhas feitas para filtrar e selecionar os trabalhos, e indicando como foram feitas as análises dos trabalhos selecionados. Na seção posterior realizamos as análises dos dados a partir das categorias previamente definidas. Por fim, na última seção, tecemos as considerações finais trazendo algumas conclusões e indicações de continuidade do trabalho em desenvolvimento.

2 Procedimentos Metodológicos

Para Fiorentini e Lorenzato (2006, p. 71), a pesquisa bibliográfica ou de revisão “[...] é a modalidade de estudo que se propõe a realizar análises históricas e/ou revisão de estudos ou processos tendo como material de análise documentos escritos e/ou produções culturais garimpados a partir de arquivos e acervos”.

Para Lima e Miotto (2007, p. 38), a pesquisa bibliográfica envolve “[...] um conjunto ordenado de procedimentos de busca por soluções, atento ao objeto de estudo, e que, por isso, não pode ser aleatório”. Nesse sentido, para a realização desta pesquisa, estabelecemos alguns procedimentos, descritos a seguir.

No caso das dissertações e teses, a busca foi realizada na base de dados do Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES. Como disparador de busca, foi utilizada,

⁴ Link: <https://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/#/>. Acessado em 25 de abril de 2023.

⁵ O presente artigo é uma ampliação do trabalho Santos e Elias (2022) apresentado e publicado nos anais do XVI Encontro Paranaense de Educação Matemática (EPREM). No artigo apresentado no evento, realizamos o levantamento somente referente a dissertações e teses. Neste artigo, atualizamos esse levantamento e ampliamos para os periódicos Qualis A1 e A2.

entre aspas, a palavra-chave “equações diferenciais ordinárias”. Como resultado, foram encontrados 480 trabalhos.

Em seguida, foram utilizados filtros para refinar a pesquisa, delimitando os trabalhos encontrados de acordo com o nosso objetivo. Os filtros selecionados foram: i) Grande área de conhecimento: Multidisciplinar; ii) Área de conhecimento: Ensino e Ensino de Ciências e Matemática. A escolha por esses filtros se deu porque o mestrado está sendo realizado em um Programa de Pós-Graduação situado na Área de Avaliação de Ensino da Capes (dentro da grande área Multidisciplinar). Com essa seleção, restaram 16 trabalhos, ou seja, foram excluídos 464 trabalhos que não atendiam aos filtros acima definidos.

Cabe destacar que, no Catálogo de Dissertações e Teses da Capes, no local em que aparece a lista de trabalhos encontrados na busca, há um link em cada trabalho que redireciona o leitor para o site da Plataforma Sucupira, local em que poderá ser acessado o trabalho completo. No entanto, alguns trabalhos foram desenvolvidos antes da criação da Plataforma Sucupira e, por isso, não estão disponíveis pelo link. Alguns são possíveis de serem encontrados por meio de outros sites (repositórios, domínio público, google acadêmico), mas outros não possuem sua versão completa disponibilizada de forma *online*.

Os resumos dos 16 trabalhos foram lidos e, em seguida, sete foram descartados, uma vez que não se alinhavam a nossos objetivos. Três trabalhos foram descartados porque o tema da pesquisa não era “Equações Diferenciais Ordinárias”, e quatro foram descartados porque o foco estava nos cursos de Licenciaturas e não em Engenharia.

No final, restaram 9 trabalhos que foram analisados. Esses trabalhos foram organizados no Quadro 1, contendo: título, autor/ano, instituição e nível (mestrado acadêmico/profissional ou doutorado), e estão apresentados em ordem cronológica.

Título	Autor/ano	Instituição	Nível
Modelagem matemática nas aulas de cálculo: uma estratégia que pode contribuir com a aprendizagem dos alunos de engenharia	Alyne Maria Rosa de Araújo, 2008.	Universidade Federal do Pará	Mestrado Acadêmico
A modelagem matemática na introdução ao estudo de equações diferenciais em um curso de engenharia	Vagner Donizeti Tavares Ferreira, 2010.	Pontifícia Universidade Católica de São Paulo	Mestrado Profissional
Uma estratégia metodológica para a introdução de um curso de equações diferenciais ordinárias	Galvina Maria de Souza, 2011.	Pontifícia Universidade Católica de	Mestrado Acadêmico

		Minas Gerais	
A resolução de problemas físicos com equações diferenciais ordinárias lineares de 1ª e 2ª ordem: análise gráfica com o software Maple	Aníbal Ataídes Barros Filho, 2012.	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais	Mestrado Acadêmico
Uma engenharia didática para abordar o conceito de equação diferencial em cursos de engenharia	Eliane Alves de Oliveira, 2014.	Pontifícia Universidade Católica de São Paulo	Doutorado
Equações diferenciais ordinárias no contexto dos registros de representação semiótica e da modelagem matemática	Michele Carvalho de Barros, 2017.	Universidade Estadual de Maringá	Doutorado
Análise de fenômenos físicos no ensino de equações diferenciais ordinárias de primeira ordem em cursos de engenharia	Jonathan Weverton Silva Buéri, 2019.	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais	Mestrado Acadêmico
Aplicações de equações diferenciais ordinárias em fenômenos físicos: análise por representações gráficas e algébrica	Michelle Cristina Goncalves Pereira, 2021.	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais	Mestrado Profissional
Equações diferenciais ordinárias de variáveis separáveis na engenharia civil: uma abordagem contextualizada a partir de um problema de transferência de calor	Rieuse Lopes Pinto, 2021.	Pontifícia Universidade Católica de São Paulo	Doutorado

Quadro 1: Organização dos trabalhos analisados

Fonte: Os autores (2023)

No caso dos artigos, a busca foi realizada utilizando dois caminhos complementares. O primeiro iniciou com o uso de filtros na página do Qualis Periódicos⁶, a saber: no campo “Evento de Classificação” foi considerado o período do quadriênio 2017-2020, no campo “Área de Avaliação” foi selecionada a área Ensino, no campo “Título” foi definido o termo “Educação Matemática” e no campo “Classificação” foram selecionados os estratos A1 e A2. Desta forma, foram identificados três periódicos que possuem o termo “Educação Matemática” no título e que são Qualis A1 na área de Ensino: (i) Bolema: Boletim de Educação Matemática, (ii) Educação Matemática Pesquisa e (iii) Revista Internacional de Pesquisa Em Educação Matemática (RIPEM); e dois periódicos que possuem o termo “Educação Matemática” no título e que são Qualis 2 na área de Ensino: (i) Educação Matemática em Revista; e (ii) Perspectivas da Educação Matemática. Em seguida, acessamos os sites desses cinco periódicos e, utilizando a

⁶Link: <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/veiculoPublicacaoQualis/listaConsultaGeralPeriodicos.jsf>.

ferramenta “Buscar” presente em cada página, buscamos pela palavra-chave “equações diferenciais ordinárias”. Como resultado, foram encontrados cinco trabalhos, sendo dois no periódico Bolema e três no periódico Educação Matemática Pesquisa.

O segundo caminho foi por meio da ferramenta BUSCAd versão 2.7.1 (MANSUR; ALTOÉ, 2021). De acordo com Mansur e Altoé (2021), BUSCAd é uma abreviação para Buscador Acadêmico e a ferramenta foi

[...] desenvolvida e aprimorada a partir das necessidades de Mestrandos e Doutorandos do Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática (EDUCIMAT), do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes), em realizarem Revisões de Literatura de suas investigações. É um artefato desenvolvido no Microsoft Excel [...] A linguagem de programação utilizada é o Visual Basic for Applications (VBA5), com código fechado e gratuito (MANSUR; ALTOÉ, 2021, p. 12).

Essa ferramenta colaborou para complementarmos nossa busca em periódicos, permitindo-nos realizar o levantamento no portal Periódicos Capes e no Scielo. A busca foi feita utilizando a palavra-chave “equações diferenciais ordinárias” e o filtro considerando os Qualis A1 e A2. A vantagem de utilizar a ferramenta BUSCAd em nossa pesquisa foi que nos permitiu buscar em periódicos diferentes daqueles que continham “Educação Matemática” em seu nome, como havíamos feito no primeiro caminho.

Pelo BUSCAd, foram encontrados 15 artigos distribuídos em oito periódicos, a saber: (i) Bolema: Boletim de Educação Matemática (dois artigos), (ii) Educação Matemática Pesquisa (um artigo), (iii) Revista Brasileira de Ensino de Física (dois artigos); (iv) Journal of the Brazilian Chemical Society (seis artigos); (v) Revista de Ensino de Ciências e Matemática (REnCiMa) (um artigo); (vi) Conexões - Ciência e Tecnologia (um artigo); (vii) Uniciencia (Costa Rica) (um artigo); (viii) Alexandria (um artigo).

É importante destacar que o portal Periódico Capes restringiu as buscas somente a partir do ano de 2008, o que fez com que dois artigos do periódico Educação Matemática Pesquisa, encontrados no levantamento feito no primeiro caminho, não aparecessem no levantamento feito pela ferramenta BUSCAd, uma vez que foram publicados em 2004 e em 2007.

Os resumos dos 17 artigos (juntando os artigos encontrados no primeiro e no segundo caminhos e retirando as repetições) foram lidos e, em seguida, 14 foram descartados, uma vez que não se alinhavam a nossos objetivos. Dez trabalhos foram descartados porque as discussões sobre Equações Diferenciais Ordinárias não são na perspectiva do ensino ou da aprendizagem, são trabalhos teóricos sobre o

desenvolvimento de modelos de áreas específicas (Física ou Química, por exemplo). Quatro artigos foram descartados porque o foco estava em cursos de Licenciaturas (em Matemática, em Química ou em Ciências Exatas) ou Bacharelado em Química e não em Engenharia.

No final, restaram três artigos que foram analisados. Esses artigos foram organizados, em ordem cronológica, no Quadro 2, contendo: título, autores/ano e nome do periódico.

Título	Autores/ano	Periódico
Investigando a iniciação à modelagem matemática nas ciências com equações diferenciais	João Bosco Laudares e Dimas Felipe de Miranda, 2007.	Educação Matemática Pesquisa (Qualis A1)
A resolução de problemas em ciências com equações diferenciais ordinárias de 1ª e 2ª ordem usando análise gráfica.	Aníbal Ataides Barros Filho, João Bosco Laudares e Dimas Felipe de Miranda, 2014.	Educação Matemática Pesquisa (Qualis A1)
Conhecimentos matemáticos, físicos e de Transferência de Calor mobilizados por graduandos em Engenharia Civil em uma abordagem contextualizada de Equações Diferenciais Ordinárias	Rieuse Lopes e Gabriel Loureiro de Lima, 2022.	Revista de Ensino de Ciências e Matemática (REnCiMa) (Qualis A2)

Quadro 2: Organização dos artigos analisados

Fonte: Os autores (2023)

Para as análises, apresentadas na próxima seção, foram lidos os nove trabalhos na íntegra e os três artigos buscando destacar os seguintes aspectos: i) o objetivo da pesquisa; ii) as principais fundamentações teóricas; iii) o contexto em que foi realizada a pesquisa; e iv) os tópicos de EDO focalizados e os modelos matemáticos mais utilizados.

3 Análises

Inicialmente, tecemos um breve comentário geral a respeito dos quadros 1 e 2. Podemos notar que as pesquisas sobre EDO em cursos de Engenharia são recentes, sendo a primeira dissertação finalizada em 2008 e o primeiro artigo publicado em 2007. Sobre o Quadro 1, em termos de nível, são três pesquisas de doutorado e seis de mestrado, sendo quatro de mestrado acadêmico e duas de mestrado profissional. Chama a atenção o fato de sete dos nove trabalhos de dissertação ou tese terem sido realizados em uma Pontifícia Universidade Católica (PUC), sendo quatro na PUC-MG e três na PUC-SP. No caso da PUC-MG, notamos que três das quatro pesquisas possuem o mesmo orientador, o

pesquisador João Bosco Laudares, são elas: Barros Filho (2012), Buéri (2019) e Pereira (2021). Para as demais pesquisas, não há repetição dos orientadores.

Quando focamos os artigos, de acordo com o Quadro 2, novamente percebemos a presença do pesquisador Laudares, sendo coautor de dois dos três artigos levantados. O artigo de Barros Filho, Laudares e Miranda (2014) é, como eles mesmos mencionam, um recorte da pesquisa de mestrado de Barros Filho (2012), orientada por Laudares. O mesmo acontece com o artigo Lopes e Lima (2022), que é um recorte da tese de doutorado de Pinto (2021)⁷, orientada por Lima. Assim, dois dos três artigos apresentados no Quadro 2 são resultados de duas pesquisas (uma de mestrado e outra de doutorado) levantadas no Quadro 1.

Na sequência do texto, descrevemos e analisamos, em subseções, cada aspecto destacado nos trabalhos levantados.

3.1 Objetivos

Os objetivos de cada pesquisa estão descritos no Quadro 3. No caso das dissertações e teses, os objetivos foram retirados dos resumos ou da introdução de cada trabalho; no caso dos artigos, retirados dos resumos. Para facilitar a organização, apresentamos todos os trabalhos no mesmo Quadro 3 e atribuímos as siglas M, D e A para, respectivamente, as pesquisas de mestrado, doutorado e artigo. As siglas são seguidas por números, de acordo com a ordem cronológica de publicação.

Tipo	Pesquisa	Objetivos apresentados nas pesquisas
A1	Laudares e Miranda (2007)	Apresentar resultados de investigação qualitativa da <i>prática educativa</i> do processo de ensino-aprendizagem da iniciação a <i>modelagem nas ciências</i> com equações diferenciais ordinárias em cursos de Engenharia.
M1	Araújo (2008)	Analisar os possíveis efeitos que o uso da <i>Modelagem Matemática</i> , enquanto estratégia de ensino, provoca no <i>processo de aprendizagem</i> dos alunos da disciplina Cálculo III – EDO.
M2	Ferreira (2010)	Investigar como a utilização da <i>modelagem</i> na introdução ao estudo de equações diferenciais em um curso de engenharia pode <i>contribuir para estimular a habilidade de relacionar a Matemática</i> com fenômenos do mundo real, que envolvam variação; além de tomar decisões a respeito de tais fenômenos do mundo real, com base na interpretação das informações contidas na solução da equação.

⁷ Na dissertação, o nome completo do autor aparece como Rieuse Lopes Pinto, no artigo aparece como Rieuse Lopes.

M3	Souza (2011)	Investigar o ensino das Equações Diferenciais Ordinárias, indagando sobre como o resgate dos conceitos fundamentais de Cálculo Diferencial e Integral e o uso da <i>modelagem algébrica de problemas</i> , classicamente enunciados, na fase introdutória de um curso de Equações Diferenciais Ordinárias, podem <i>contribuir para o ensino e aprendizagem</i> dessas equações.
M4	Barros Filho (2012)	Buscar as contribuições das metodologias de <i>Resolução de Problemas e Descoberta Guiada, mediadas por Tecnologias de Informação e Comunicação</i> tanto para uma <i>aprendizagem mais significativa</i> no Ensino de Equações Diferenciais Ordinárias quanto para aplicações em situações problemas das ciências.
D1	Oliveira (2014)	Investigar <i>estratégias de ensino</i> com vistas a <i>favorecer a aprendizagem</i> de estudantes acerca de Equações Diferenciais Ordinárias e suas aplicações em cursos de graduação em engenharia.
A2	Barros Filho, Laudares e Miranda (2014)	Apresentar resultados de uma Pesquisa de Mestrado que objetivou buscar as <i>contribuições das metodologias de Resolução de Problemas e Descoberta Guiada com situações problemas das Ciências, mediadas por Tecnologias de Informação e Comunicação</i> , visando uma <i>aprendizagem mais significativa</i> de Equações Diferenciais Ordinárias.
D2	Barros (2017)	Investigar o <i>potencial de uma sequência de situações</i> , envolvendo problemas no contexto da Modelagem Matemática, na perspectiva dos registros de representação semiótica e das mudanças de domínio, na condução do <i>processo de aprendizagem</i> das EDOs para estudantes dos cursos de engenharias.
M5	Buéri (2019)	Analisar a <i>metodologia de estudo de fenômenos físicos</i> com Equações Diferenciais Ordinárias de primeira ordem em cursos de Engenharia, com utilização da técnica de pesquisa de grupo controle.
M6	Pereira (2021)	<i>Criação de um Produto Educacional</i> estruturado, com atividades para <i>desenvolver habilidades dos estudantes</i> na contextualização das Equações Diferenciais.
D3	Pinto (2021)	Investigar a <i>aprendizagem de Equações Diferenciais Ordinárias (EDO)</i> de variáveis separáveis a partir de uma <i>abordagem contextualizada</i> com estudantes de um curso de Engenharia Civil, em consonância aos pressupostos da Teoria A Matemática no Contexto das Ciências (TMCC).
A3	Lopes e Lima (2022)	Explicitar as <i>compreensões acerca de conhecimentos</i> vinculados a conceitos da Matemática, Física e Transferência de Calor manifestadas por um grupo de 21 estudantes do segundo período de Cálculo do curso de Engenharia Civil de uma instituição particular.

Quadro 3: Os objetivos apresentados nas pesquisas levantadas

Fonte: Os autores (2023)

Pelos objetivos e com base nos trechos por nós destacados, em itálico, podemos notar que, de um modo geral, as pesquisas visavam investigar como uma determinada metodologia de ensino pode contribuir para a aprendizagem dos estudantes ou, nos termos de alguns pesquisadores, para desenvolver habilidades dos estudantes. Consideramos que três delas apresentam especificidades: M5, que coloca centralidade na metodologia da pesquisa, uma vez que menciona, já no objetivo, a técnica do grupo de controle; M6, que destaca em seu objetivo a criação de um Produto Educacional, talvez uma consequência do fato de a pesquisa ter sido realizada em um curso de mestrado profissional; e M4, que

ressalta, desde seu objetivo, a centralidade do uso da tecnologia em sua proposta, o que também é percebido em A2.

3.2 Fundamentação teórica

Todos os trabalhos utilizaram a metodologia de pesquisa qualitativa, mas, dois deles utilizaram também a pesquisa quantitativa. Pereira (2021, p. 13) realizou uma “análise quantitativa simples de dados em diagramas” e Buéri (2019, p. 59) comenta que sua pesquisa “possui muitas vertentes da pesquisa quantitativa, uma delas é a utilização da técnica de pesquisa experimental, grupo de controle”.

A respeito das principais fundamentações teóricas, as organizamos no Quadro 4.

Tipo	Pesquisa	Principal fundamentação teórica
A1	Laudares e Miranda (2007)	- Modelagem matemática: Bassanezi (2002), Biembengut (1999); - Investigação matemática (2003).
M1	Araújo (2008)	- Modelagem Matemática: Bassanezi (2002).
M2	Ferreira (2010)	- Modelagem Matemática: Bassanezi (2006).
M3	Souza (2011)	- Modelagem Matemática: Bassanezi (2006); - Atividades Matemáticas: Zabala (1998).
M4	Barros Filho (2012)	- Resolução de Problemas: Polya (2006); - Descoberta Guiada: Mayer (2004); - Tecnologias de Informação e Comunicação: Santiago (2006), Coscarelli (2003), Borba e Penteado (2003).
D1	Oliveira (2014)	- Teoria das Situações Didáticas: Brousseau (1986); - Engenharia Didática: Artigue (1988).
A2	Barros Filho, Laudares e Miranda (2014)	- Descoberta Guiada: Mayer (2004); - Resolução de Problemas: Polya (2006);
D2	Barros (2017)	- Registros de Representação Semiótica: Duval (1993; 2009); - Modelagem Matemática: Bassanezi (2015); - Engenharia Didática de Artigue (1988).
M5	Buéri (2019)	- Resolução de Problemas: Pólya (1995); - Ensino de Equações Diferenciais Ordinárias: Laudares <i>et al.</i> (2017).
M6	Pereira (2021)	- Ensino de Equações Diferenciais Ordinárias: Resolução Algébrica: Buéri (2019); Resolução Analítica e Geométrica: Barros Filho (2012); Resolução Numérica: Lima (2013).
D3	Pinto (2021)	- Teoria A Matemática no Contexto das Ciências: Camarena (1987); - Teoria dos Campos Conceituais: Vergnaud (1990); - Teoria dos Registros de Representação Semiótica: Duval (1993).
A3	Lopes e Lima (2022)	- Teoria A Matemática no Contexto das Ciências: Camarena (1987);

		- Teoria dos Registros de Representação Semiótica: Duval (1993).
--	--	--

Quadro 4: principais fundamentações teóricas das pesquisas levantadas
Fonte: Os autores (2023)

Do Quadro 4, notamos que cinco pesquisas estão fundamentadas na Modelagem Matemática na perspectiva de Rodney Bassanezi e três estão fundamentadas na Resolução de Problemas na perspectiva de George Pólya, o que indica que essas duas abordagens de ensino são potenciais para se trabalhar com EDO em cursos de Engenharia. É possível perceber a influência da Didática da Matemática⁸ nas pesquisas levantadas, por meio de referenciais como a Teoria dos Registros de Representação Semiótica de Raymond Duval, a Teoria das Situações Didáticas de Guy Brousseau, Engenharia Didática de Michèle Artigue e a Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud.

M5, além da perspectiva de Pólya (1995) para a Resolução de Problemas, fundamenta-se em um trabalho produzido pelo próprio orientador (LAUDARES *et al.*, 2017) para abordar o ensino de EDO. Já M6, fundamenta-se em M4 e M5, ambas orientadas por Laudares, para formar suas categorias de análises⁹. A constatação da relação entre essas pesquisas (ora produzida pelo pesquisador ora orientadas por ele) evidencia o trabalho conjunto de um grupo de pesquisadores que se dedica a investigar uma determinada temática. Constatação que é reforçada quando incluímos os artigos A1 e A2, produzidos por Laudares e um deles (A2) é consequência de M4.

No caso dos trabalhos D3 e A3, como A3 é um recorte de D3, a fundamentação teórica dos Campos Conceituais de Vergnaud utilizada em D3 não permaneceu em A3.

3.3 Contexto em que foi desenvolvido, turma(s) participante(s) e aspectos metodológicos

No Quadro 5, sintetizamos e organizamos informações referentes ao contexto em que a pesquisa foi realizada, explicitando em qual curso de Engenharia foi desenvolvido o trabalho e indicamos, brevemente, a maneira como foram produzidos os dados.

⁸ A Didática da Matemática, com forte influência francesa, é entendida como “[...] uma das tendências da grande área da educação matemática, cujo objeto de estudo é a elaboração de conceitos e teorias que sejam compatíveis com a especificidade educacional do saber escolar matemático, procurando manter fortes vínculos com a formação de conceitos matemáticos, então em nível experimental da prática pedagógica, como no território teórico da pesquisa acadêmica” (PAIS, 2011 p. 11).

⁹ Além de Barros Filho (2012) e Buéri (2019), o Quadro 4 indica a pesquisa de Lima (2013) como outro referencial teórico. Lima (2013) é uma pesquisa de mestrado realizada na PUC-MG, mas não sob a orientação de Laudares, apesar de este ter estado na banca.

Tipo	Pesquisa	Contexto	Turma(s) participante(s)	Aspectos metodológicos
A1	Laudares e Miranda (2007)	Disciplina de Equações Diferenciais Ordinárias	Engenharia de Controle e Automação	Foram analisadas a atuação dos estudantes na realização de três atividades investigativas de dois fenômenos físicos através da iniciação a modelagem com equações diferenciais.
M1	Araújo (2008)	Disciplina de Cálculo III – EDO	Engenharia da Computação	Foram desenvolvidas quatro atividades de modelagem.
M2	Ferreira (2010)	Projeto com participação voluntária dos alunos	Engenharias: Elétrica, Mecânica, Mecatrônica e Produção.	Foram realizadas seis atividades, elaboradas segundo os princípios da modelagem matemática e do estudo de modelos, que foram desenvolvidas em quatro encontros.
M3	Souza (2011)	Disciplina de Cálculo IV – Equações Diferenciais ¹⁰	Engenharias: Computação, Controle e Automação, Produção, Química e Telecomunicações	Foi elaborada, aplicada e analisada uma sequência de atividades.
M4	Barros Filho (2012)	Disciplina de Equações Diferenciais Ordinárias	Engenharia Elétrica	Foram desenvolvidas cinco atividades de Equações Diferenciais Ordinárias Lineares de 1ª e 2ª ordem.
D1	Oliveira (2014)	Projeto com participação voluntária dos alunos	Engenharias: Ambiental e Produção	Foi desenvolvida uma engenharia didática que envolvesse situações-problema.
A2	Barros Filho, Laudares e Miranda (2014)	Disciplina de Equações Diferenciais Ordinárias	Engenharia Elétrica	Foram desenvolvidas cinco atividades de Equações Diferenciais Ordinárias Lineares de 1ª e 2ª ordem. Neste artigo é apresentada uma das atividades (atividade quatro) com sua estrutura e resolução.
D2	Barros (2017)	Curso de extensão ministrado pela pesquisadora	Engenharias: Alimentos, Ambiental, Civil e Eletrônica.	Foi desenvolvida uma sequência de situações baseada nos pressupostos da engenharia didática.
M5	Buéri (2019)	Dois grupos de estudantes: i) Disciplina de Equações Diferenciais Ordinárias ii) Disciplina de Cálculo	Engenharias: Civil, Elétrica, Mecânica e Química.	Por meio da técnica de grupo de controle, um grupo estudou por meio de modelos de um fenômeno, com interpretação gráfica e verbalização do comportamento dos modelos, e o outro grupo estudou por um método tradicional.
M6	Pereira (2021)	Disciplina de Cálculo Diferencial III	Engenharias: Elétrica, Eletrônica e Mecânica.	Caderno de Atividades, dividido em quatro momentos: i) conceitos iniciais da matéria; ii) trabalho com método de resolução utilizando o campo

¹⁰ Em uma turma especial composta por alunos que estavam de dependência na disciplina.

				de direção; iii) atividades com Problemas de Valor Inicial – PVI e Problemas de Valores de Contorno – PVC; iv) questionário final.
D3	Pinto (2021)	Projeto no período vespertino, fora do horário regular de uma disciplina, com participação voluntária dos alunos	Engenharia Civil	Foi desenvolvida uma situação relacionada à Transferência de Calor por condução em paredes de alvenaria planas, um problema integrador entre disciplinas matemáticas e disciplinas não matemáticas.
A3	Lopes e Lima (2022)	Não menciona se se trata de uma disciplina específica do curso, menciona apenas que eram estudantes da turma de Cálculo da professora-pesquisadora.	Engenharia Civil	Foi desenvolvido um problema que investiga a transferência de calor por condução em paredes de alvenaria planas, utilizando conhecimentos vinculados a conceitos de Matemática na Educação Básica, do Cálculo, da Física e da Transferência de Calor, estudados em disciplinas da Engenharia.

Quadro 5: o contexto, turmas e procedimentos metodológicos presentes nas pesquisas levantadas
Fonte: Os autores (2023)

Podemos perceber, por meio do apresentado no Quadro 5, que algumas pesquisas foram desenvolvidas durante as aulas de turmas regulares em disciplinas obrigatórias do próprio curso e outras foram desenvolvidas em contraturno, por meio de cursos e projetos, contando assim com a participação voluntária dos alunos.

Todos os trabalhos analisados desenvolveram atividades no âmbito do Ensino de Equações Diferenciais Ordinárias em diversos cursos de Engenharia. D2, cita em sua tese que realizou um teste piloto nas turmas de engenharia e aplicou, também, algumas atividades com alunos do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) do curso de Licenciatura em Matemática, porém, apresenta apenas os resultados obtidos com os alunos de engenharia.

Em todas as pesquisas, as atividades foram desenvolvidas sempre em um mesmo grupo de estudantes, apenas M5 que analisou e comparou o desempenho de dois grupos de estudantes (devido à metodologia de grupo controle) que utilizaram metodologias diferentes para estudar o conceito de equações diferenciais ordinárias.

3.4 Tópicos de EDO e modelos matemáticos abordados nas pesquisas

No Quadro 6, buscamos sintetizar e organizar os principais temas e modelos matemáticos utilizados nas pesquisas. Para identificar essas informações, demos atenção

aos instrumentos de coleta de dados das pesquisas e aos dados coletados. Muitas pesquisas apresentam uma discussão teórica sobre EDO, abarcando diversos conceitos, mas consideramos somente o que, de fato, a pesquisa se dedicou a investigar.

Tipo	Pesquisa	Principais tópicos de EDO	Principais modelos matemáticos abordados
A1	Laudares e Miranda (2007)	Noções básicas de equações diferenciais. Matemática e resolução de EDO de primeira ordem - equações de variáveis separáveis	- Lei do Resfriamento de Newton - Crescimento populacional
M1	Araújo (2008)	Noções básicas de equações diferenciais. EDO de de 1ª ordem. Foco na elaboração de modelos matemáticos. Resolução de EDO de primeira ordem - equações lineares usando fator integrante e equações de variáveis separáveis.	- Objeto em queda livre; - Fluxo de Corrente Elétrica; - Lei do Resfriamento de Newton; - Misturas de Substâncias.
M2	Ferreira (2010)	Noções básicas de equações diferenciais. EDO de de 1ª ordem. Foco na elaboração de modelos matemáticos. Resolução de EDO de primeira ordem - equações de variáveis separáveis.	- Sistema mola-amortecedor; - Despoluição de lagoas; - Absorção de drogas no organismo.
M3	Souza (2011)	Foco no resgate de conceitos do Cálculo Diferencial e Integral 1. Noções básicas de equações diferenciais ordinárias de 1ª ordem. Equações de variáveis separáveis. Uso do software <i>GeoGebra</i> para interpretar a solução geral da EDO.	- Lei do Resfriamento de Newton; - Decaimento radioativo; - Objeto em queda livre.
M4	Barros Filho (2012)	Equações Diferenciais Ordinárias de 1ª e 2ª ordem, com foco na interpretação gráfica (campo de direções e gráfico das soluções) e uso de recursos computacionais. As resoluções das equações diferenciais feitas utilizando o software <i>Maple</i> .	- Objeto em queda livre; - Lei do Resfriamento de Newton; - Circuito resistor-indutor (circuito RL); - Decaimento radioativo; - Sistema massa-mola.
D1	Oliveira (2014)	Noções básicas de equações diferenciais ordinárias. Interpretação geométrica (campos de direções e gráficos das soluções de uma EDO utilizando <i>GeoGebra</i>). Resolução de EDO de primeira ordem - equações de variáveis separáveis.	- Crescimento populacional; - Decaimento radioativo; - Lei do Resfriamento de Newton.
A2	Barros Filho e Laudares, Miranda (2014)	Equações Diferenciais Ordinárias de 1ª ordem (variáveis separáveis), com foco na interpretação gráfica (campo de direções e gráfico das soluções) e uso de recursos computacionais. As resoluções das equações diferenciais feitas utilizando o software <i>Maple</i> .	- Decaimento radioativo.
D2	Barros (2017)	Equações Diferenciais Ordinárias de 1ª ordem. Foco na transição entre as representações algébrica e geométrica (campos de direções e gráficos das soluções de uma EDO), utilizando o <i>Maple</i> e o <i>GeoGebra</i> . Resolução de EDO de primeira ordem - foco em equações de variáveis separáveis.	- Decaimento radioativo; - Lei do Resfriamento de Newton; - Circuito resistor-indutor (circuito RL); - Objeto em queda livre; - Desmatamento da floresta Amazônica.
M5	Buéri (2019)	Equações diferenciais ordinárias de 1ª ordem. Matemática de fenômeno físico. Resolução de EDO de primeira ordem - equações de variáveis separáveis.	- Decaimento exponencial (decaimento de massa).

M6	Pereira (2021)	Noções básicas de equações diferenciais. EDO de de 1ª ordem. Matematização de fenômeno físico. Interpretação geométrica (campos de direções utilizando <i>GeoGebra</i>). Resolução de EDO de primeira ordem - equações de variáveis separáveis.	- Lei do Resfriamento de Newton;
D3	Pinto (2021)	Equações diferenciais ordinárias de primeira ordem - equações de variáveis separáveis. Uso do software <i>GeoGebra</i> para interpretar a solução geral da EDO.	- Problema de transferência de calor por condução em paredes de alvenaria planas.
A3	Lopes e Lima (2022)	Equações diferenciais ordinárias de primeira ordem - equações de variáveis separáveis.	- Problema de transferência de calor por condução em paredes de alvenaria planas.

Quadro 6 – as ideias matemáticas presentes nas pesquisas levantadas

Fonte: Os autores (2023)

A partir do Quadro 6, percebemos que todas as pesquisas analisadas trabalharam com EDO de 1ª ordem, apenas M4 faz menção a EDO de 2ª ordem. No caso das dissertações e teses, por não terem limitações de página, diversos trabalhos iniciam a parte prática da pesquisa com uma revisão de noções do Cálculo Diferencial e Integral 1, sendo que M3 focaliza mais esse aspecto. Notamos que é comum as dissertações e teses abordarem noções básicas de EDO (por exemplo, o que é uma equação diferencial, o que é uma solução de uma EDO, problemas de valor inicial e problemas de valores de contorno etc.) antes de partirem para os modelos matemáticos. No caso dos artigos, talvez pela limitação do número de páginas e a necessidade de sintetizarem algumas informações, não aparecem revisões de Cálculo Diferencial e Integral 1 ou maiores explicações sobre noções básicas de EDO.

Notamos que também é frequente as pesquisas sobre o ensino de EDO fazerem uso de modelos matemáticos tradicionais (por exemplo, decaimento radioativo, crescimento populacional, Lei de Resfriamento de Newton etc) para diferentes cursos de Engenharia. As pesquisas que foram mais específicas ao curso em que estavam sendo realizadas foram D3 e A3, que trabalharam apenas com o curso de Engenharia Civil, focando o modelo de transferência de calor por condução em paredes de alvenaria planas.

É importante destacar a predominância da EDO de variáveis separáveis, talvez por ser um tipo de EDO mais simples para ser resolvida e, também, por alguns dos modelos matemáticos tradicionais utilizados caírem em uma EDO de variáveis separáveis.

M4, apesar de utilizar EDO de variáveis separáveis em sua pesquisa, não se restringiu a esse tipo de EDO, e os participantes de sua pesquisa utilizaram o *Maple* para resolver as equações trabalhadas. No caso de A2, por ser um recorte de M4, somente uma

atividade foi analisada no artigo e essa atividade envolvia EDO de primeira ordem de variáveis separáveis.

Algumas pesquisas focalizam as interpretações geométricas, tanto por meio dos campos de direções como por meio dos gráficos das soluções da equação. Nesses casos, as pesquisas fizeram uso de algum *software* para se trabalhar com EDO¹¹. M3, D1, D2, M6 e D3 fizeram uso do *GeoGebra*; A1, A2, D2 e M4 fizeram uso do *Maple*. As pesquisas que não fizeram uso de softwares parecem focar no processo de elaboração dos modelos matemáticos ou da matematização de fenômenos.

4 Considerações Finais

Neste artigo, tivemos como objetivo levantar e analisar trabalhos (artigos, dissertações e teses) que investigaram o ensino e/ou a aprendizagem de EDO em cursos de Engenharia no Brasil.

A partir dos filtros estabelecidos, levantamos e analisamos 12 pesquisas (seis dissertações, três teses e três artigos) relacionadas à área de Ensino e, em particular, aquelas que se relacionam com a Educação Matemática. Das análises empreendidas, destacamos o fato de que todos os trabalhos possuem uma parte prática, isto é, todos desenvolveram uma sequência de atividades em turmas (regulares ou não) de Engenharia, mostrando uma característica intervencionista dessas investigações no Ensino Superior, sendo a Modelagem Matemática a abordagem de ensino mais utilizada.

Consideramos que realizar esse levantamento traz contribuições não apenas para a Educação Matemática, uma vez que permite um olhar mais organizado para as pesquisas já produzidas a respeito do tema, mas, também, para o trabalho de mestrado profissional que, como dissemos na introdução, está sendo desenvolvido pela primeira autora deste artigo. Em nossa pesquisa, também visamos realizar uma investigação com caráter intervencionista como as aqui analisadas. Por este motivo, consideramos que ter conhecimento dos objetivos, dos principais referenciais teóricos, dos contextos e dos tópicos de EDO abordados nas pesquisas contribuirá significativamente para as escolhas e delimitação da investigação a ser realizada.

¹¹ Alguns softwares foram utilizados nas pesquisas, mas sem relação direta com o estudo de EDO. Por exemplo, Barros Filho (2012) utilizou o *Camtasia* para gravar a tela do computador e registrar os dados. Pinto (2021) menciona o uso da linguagem *Python*, mas não para o estudo de EDO. O uso desses recursos não relacionados especificamente ao estudo de EDO não está sendo considerado em nossa análise.

Percebemos que nenhum trabalho analisado no levantamento teve como foco as ações do professor que ensina EDO em cursos de Engenharia. Por isso, acreditamos que a pesquisa de mestrado que está andamento poderá trazer novas contribuições para o ensino e a aprendizagem de EDO no Ensino Superior.

Referências

ARAÚJO, A. M. R. **Modelagem matemática nas aulas de cálculo: uma estratégia que pode contribuir com a aprendizagem dos alunos de engenharia**. 2008. 94f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemáticas) – Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento da Educação Matemática, Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.

ARTIGUE, M. Ingénierie didactique. **Recherches en Didactique des Mathématiques**. Grenoble, v. 9, n. 3, p. 281-308, 1988.

BARROS FILHO, A. A. **A resolução de problemas físicos com equações diferenciais ordinárias lineares de 1ª e 2ª ordem: análise gráfica com o software maple**. 2012. 228 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

BARROS FILHO, A. A.; LAUDARES, J. B.; DE MIRANDA, D. F. A resolução de problemas em ciências com equações diferenciais ordinárias de 1ª e 2ª ordem usando análise gráfica. **Educação Matemática Pesquisa**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 323-348. 2014.

BARROS, M. C. **Equações diferenciais ordinárias no contexto dos registros de representação semiótica e da modelagem matemática**. 2017. 258 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência e a Matemática) - Universidade Estadual De Maringá, Maringá, 2017.

BASSANEZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com Modelagem Matemática: uma nova estratégia**. 3. ed. São Paulo: Contexto, 2002.

BASSANEZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com Modelagem Matemática: uma nova estratégia**. 4. ed. São Paulo: Contexto, 2006.

BASSANEZI, R. C. **Modelagem matemática: teoria e prática**. 1. ed. São Paulo: Contexto, 2015.

BIEMBENGUT, M. S. **Modelagem matemática & implicações no ensino-aprendizagem de matemática**. 1. ed. Blumenau: Ed. da FURB, 1999.

BORBA, M. C.; PENTEADO, M. G. **Informática e Educação Matemática**. 3. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2003.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação/Câmara de Educação Superior. **Resolução nº 2 de 24 de abril de 2019**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. 2019. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=112681-rces002-19&category_slug=abril-2019-pdf&Itemid=30192>. Acesso em 11 jul. 2022.

BROUSSEAU, G. Fondements et méthodes de la didactique des mathématique. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, Grenoble, v. 7, n. 2, p. 33-115, 1986.

BUERI, J. W. S. **Análise de fenômenos físicos no ensino de equações diferenciais ordinárias de primeira ordem em cursos de engenharia.** 2019. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

CAMARENA, P. G. **Diseño de un curso de ecuaciones diferenciales en el contexto de los circuitos eléctricos.** Tese (Maestría en Ciencias con especialidad en Matemática Educativa) — Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, 1987.

COSCARELLI, C. V. (Org.). **Novas tecnologias, novos textos, novas formas de pensar.** 2. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2003.

DUVAL, R. Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. **Annales de Didactique et Sciences Cognitives.** Strasbourg, v. 5, p.37-65. 1993.

DUVAL, R. **Semiósis e pensamento humano:** registro semiótico e aprendizagens intelectuais. In: LEVY L. F; SILVEIRA, M. R. A. (Trds.). 1. ed. São Paulo: Editora da Física, 2009.

FERREIRA, V. D. T. **A modelagem matemática na introdução ao estudo de equações diferenciais em um curso de Engenharia.** 2010. 116 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2010.

FIORENTIN, D.; LORENZATO, S. **Investigação em educação matemática:** percursos teóricos e metodológicos. 3. ed. Campinas: Editores Associados, 2006.

LAUDARES, J. B.; DE MIRANDA, D. F. Investigando a iniciação à modelagem matemática nas ciências com equações diferenciais. **Educação Matemática Pesquisa,** São Paulo, v. 9, n. 1, p.103-120. 2007.

LAUDARES, J. B.; MIRANDA, D. F.; REIS, J. P. C.; FURLETTI, S. **Equações Diferenciais Ordinárias e Transformadas de Laplace:** Análise gráfica de fenômenos com resolução de problemas Atividades com softwares livres. 1. ed. Belo Horizonte: Artesã, 2017.

LIMA, E. A. de. **Estudos das equações diferenciais ordinárias por métodos numéricos:** contribuições para o Ensino e para a Aprendizagem de Alunos da Licenciatura em Matemática. 2013. 141f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

LIMA, T. C. S.; MIOTO, R. C. T. Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. **Revista Katál.,** Florianópolis, v. 10, n. esp., p. 37-45, 2007.

LOPES, R.; LIMA, G. L. Conhecimentos matemáticos, físicos e de Transferência de Calor mobilizados por graduandos em Engenharia Civil em uma abordagem contextualizada de Equações Diferenciais Ordinárias. **REnCiMa.** São Paulo, v. 13, n. 5, p. 1-22. 2022.

MANSUR, D. R.; ALTOÉ, R.O. Ferramenta tecnológica para realização de revisão de literatura em pesquisas científicas: importação e tratamento de dados. **Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco,** [s.l.], v. 10, n. 1, p. 8-28, 2021.

MAYER, R. Should there be a Three-Strikes rule against pure discovery learning? The case for guided methods of instruction. **American Psychologist.** [s.l.], v. 59, n. 1, p. 14-19, Jan. 2004.

OLIVEIRA, E. A. **Uma engenharia didática para abordar o conceito de equação diferencial em cursos de engenharia**. 2014. 159 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2014.

PAIS, L. C. **Didática da Matemática: uma análise da influência francesa**. 3. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2011.

PEREIRA, M. C. G. **Aplicações de equações diferenciais ordinárias em fenômenos físicos: análise por representações gráficas e algébricas**. 2021. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

PINTO, R. L. **Equações diferenciais ordinárias de variáveis separáveis na engenharia civil: uma abordagem contextualizada a partir de um problema de transferência de calor**. 2021. 313 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2021.

PÓLYA, G. **A Arte de Resolver Problemas: um novo aspecto do método matemático**. ARAÚJO, H. L. (Trad.). 1. ed. Rio de Janeiro: Inter ciência, 1995.

PÓLYA, G. **A arte de resolver problemas**. 1 ed. Rio de Janeiro: Inter ciência, 2006.

SANTIAGO, D. G. **Novas Tecnologias e o Ensino Superior: repensando a formação docente**. 2006. 108f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Centro de Ciências Sociais Aplicadas da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Campinas, 2006.

SANTOS, T. M.; ELIAS, H. R. Pesquisas sobre Equações Diferenciais Ordinárias em cursos de Engenharia. In: ENCONTRO PARANAENSE DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 15, 2022, Foz do Iguaçu. **Anais eletrônicos...** Foz do Iguaçu: SBEM-PR, 2022. p. 1 - 14. Disponível em: <<http://sbemparana.com.br/xvieprem/anais/522875.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2023.

SOUZA, G. M. **Uma Estratégia Metodológica Para A Introdução De Um Curso De Equações Diferenciais Ordinárias**. 2011. 141 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

VERGNAUD, G. Epistemology and psychology of mathematics education. In: NESHER, P.; KILPATRICK, J. (Eds.). **Mathematics and cognition: a research synthesis by International Group for the Psychology of Mathematics Education**. 1. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. 1. ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.

Recebido em: 28 de abril de 2023

Aceito em: 16 de junho de 2023