

Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP)
Instituto de Ciências Exatas e Biológicas (ICEB)
Departamento de Educação Matemática (DEEMA)
Licenciatura em Matemática (MATLIC)



**UM MAPEAMENTO DE PESQUISAS
SOBRE MODELAGEM MATEMÁTICA
NO ENSINO DE EQUAÇÕES DIFERENCIAIS**

Licencianda: Adriana de Jesus de Paula

Orientador: Prof. Dr. Frederico da Silva Reis

Ouro Preto – MG
2024

Adriana de Jesus de Paula

**UM MAPEAMENTO DE PESQUISAS
SOBRE MODELAGEM MATEMÁTICA
NO ENSINO DE EQUAÇÕES DIFERENCIAIS**

Monografia apresentada à Banca Examinadora, como exigência parcial à obtenção do título de Licenciada em Matemática pelo Curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Federal de Ouro Preto, sob orientação do Prof. Dr. Frederico da Silva Reis.

Ouro Preto – MG

2024

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

P324u Paula, Adriana de Jesus de.
Um mapeamento de pesquisas sobre modelagem Matemática no ensino de equações diferenciais. [manuscrito] / Adriana de Jesus de Paula. - 2024.
36 f.: il.: tab..

Orientador: Prof. Dr. Frederico da Silva Reis.
Monografia (Licenciatura). Universidade Federal de Ouro Preto.
Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Graduação em Matemática .

1. Mapeamento de Pesquisas. 2. Modelagem Matemática. 3. Ensino de Equações Diferenciais. 4. Licenciatura em Matemática. I. Reis, Frederico da Silva. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 51:37

Bibliotecário(a) Responsável: Luciana De Oliveira - SIAPE: 1.937.800



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS
COLEGIADO DO CURSO DE LICENCIATURA EM
MATEMÁTICA



FOLHA DE APROVAÇÃO

Adriana de Jesus de Paula

Um mapeamento de pesquisas sobre Modelagem Matemática no ensino de Equações Diferenciais

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Licenciada em Matemática

Aprovada em 19 de agosto de 2024.

Membros da Banca Examinadora

Prof. Dr. Frederico da Silva Reis - Orientador
(Departamento de Educação Matemática / Universidade Federal de Ouro Preto)
Prof. Dr. Wenderson Marques Ferreira - Membro
(Departamento de Matemática / Universidade Federal de Ouro Preto)

Prof. Dr. Frederico da Silva Reis, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 24/08/2024



Documento assinado eletronicamente por **Frederico da Silva Reis, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 26/08/2024, às 16:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0747130** e o código CRC **86C9962F**.

Dedico este trabalho à minha mãe Maurila, por todo apoio e amor, e ao meu pai Geraldo (*in memoriam*), pois sei que cuida de mim, onde quer que ele esteja.

AGRADECIMENTOS

A Deus e a Nossa Senhora Aparecida, que me deram saúde e força para chegar até aqui. À minha mãe, por todo o suporte, por aguentar minhas crises de humor quando eu achava que não ia dar conta de chegar até aqui, e ao meu pai (*in memoriam*), que mesmo não estando fisicamente ao meu lado, sempre senti que olha por mim, me dando apoio.

À minha madrinha, Sandra, à minha tia, Creuza, à minha avó, Elza e à minha avó, Marta (*in memoriam*), por serem as grandes mulheres e inspirações da minha vida, nas quais me inspiro para procurar ser sempre a minha melhor versão.

Ao meu Orientador, Prof. Dr. Frederico da Silva Reis, por todos os ensinamentos durante a escrita desse trabalho e por me auxiliar nesse caminho diferente que decidi trilhar.

Aos meus Professores Wenderson, Edmilson, André, Plínio, Sara e Marli, por me fazerem entender que é possível amar a Matemática Pura e a Educação Matemática, e que elas não são rivais e, sim, se complementam; em especial, ao Wenderson que foi meu Orientador no curso de Bacharelado e que me incentivou a fazer a Licenciatura quando me vi perdida com relação ao caminho a ser trilhado.

À minha psicóloga, Magali, e à minha melhor amiga, Carol, por não me deixarem desistir quando as crises de ansiedade vinham e me faziam querer desistir de tudo, e por me apoiarem com a ideia de que era preciso ter vida fora da universidade para que eu assim conseguisse ser o meu melhor possível dentro da universidade.

A todos os meus amigos da família, da vida e da Matemática, por todos os momentos e conselhos que fizeram com que esse caminho fosse mais leve e de puro aprendizado, amizade, amor e companheirismo, em especial, ao Juliano, à Iara, à Dany, à Nat, à Dri, à Luana, à Andreza, à Jana, à Chai, à Dai, à Rosana, à Duda e à pequena Elza Maria, ao Rogerinho, ao tio Rogério, ao Marcelino, ao Biel, ao Tiago, aos GeoGébricos Deberton e Jefferson, ao CAMAT, ao Maikon, à Fernanda, ao Fellipe, ao Aguinaldo, à Clarine, à Mariana, ao Tales e ao Lucas, pois cada momento com cada um de vocês, me deu a calma e a perseverança para chegar até aqui.

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma pesquisa que visa identificar e analisar as possíveis contribuições da Modelagem Matemática para o ensino e a aprendizagem de Equações Diferenciais. A pesquisa, de natureza qualitativa, delineou-se a partir da realização de um mapeamento de pesquisas no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, onde mapeamos um conjunto de 7 dissertações e 3 teses relacionadas à utilização da Modelagem Matemática nos processos de ensino e de aprendizagem de Equações Diferenciais, defendidas no período de 2004 a 2020, em diversas universidades de quase todas as regiões brasileiras. Após a análise de cada um dos trabalhos mapeados, nas considerações finais, destacamos que o conjunto das pesquisas mapeadas mostram uma riqueza de concepções de Modelagem Matemática adotadas, tendo os pesquisadores Rodney Bassanezi, Maria Salett Biembengut, Lourdes Almeida, Dionísio Burak, Jonei Barbosa e Ademir Caldeira como principais referenciais teórico-bibliográficos. Por fim, todas as pesquisas mapeadas, em maior ou menor proporção, apontam para as contribuições da Modelagem Matemática para um redirecionamento do ensino tradicional de Equações Diferenciais e para uma ressignificação de sua aprendizagem, por meio das aplicações na resolução e interpretação de problemas e contextos do mundo real.

Palavras-chave: Mapeamento de Pesquisas. Modelagem Matemática. Ensino de Equações Diferenciais. Licenciatura em Matemática.

ABSTRACT

The present work presents a research that aims to identify and analyze the possible contributions of Mathematical Modeling to the teaching and learning of Differential Equations. The research, of a qualitative nature, was designed based on research mapping in the CAPES Catalog of Theses and Dissertations, where we mapped a set of 7 dissertations and 3 theses related to the use of Mathematical Modeling in the processes of teaching and learning of Differential Equations, defended from 2004 to 2020, in several universities in almost all Brazilian regions. After analyzing each of the mapped works, in the final considerations, we highlight that the set of mapped research shows a wealth of concepts of Mathematical Modeling adopted, with researchers Rodney Bassanezi, Maria Salett Biembengut, Lourdes Almeida, Dionísio Burak, Jonei Barbosa and Ademir Caldeira as the main theoretical-bibliographical references. Finally, all mapped research, to a greater or lesser extent, points to the contributions of Mathematical Modeling to a redirection of the traditional teaching of Differential Equations and to a new meaning of its learning, through applications in solving and interpreting problems and contexts of the real world.

Keywords: Research Mapping. Mathematical Modeling. Teaching Differential Equations. Degree in Mathematics.

SUMÁRIO

1. Um breve histórico discente	10
2. Apresentando nossa pesquisa	13
3. Um Mapeamento no CTD da CAPES	13
3.1. A Dissertação de Adriana Helena Borssoi (2004)	15
3.2. A Dissertação de Alyne Maria Rosa de Araújo (2008)	17
3.3. A Dissertação de Roberta Modesto Braga (2008)	19
3.4. A Dissertação de Vagner Donizeti Tavares Ferreira (2010)	19
3.5. A Dissertação de Rônero Márcio Cordeiro Domingos (2016)	21
3.6. A Dissertação de Sebastião Aparecido de Araújo (2020)	23
3.7. A Dissertação de Aldo Peres Campos e Lopes (2020)	25
3.8. A Tese de Sueli Liberatti Javaroni (2007)	27
3.9. A Tese de Roberto Fecchio (2011)	29
3.10. A Tese de Michele Carvalho de Barros (2017)	31
4. Considerações Finais	33
Referências	35

1. Um breve histórico discente

Começo¹ o presente texto com reflexões a respeito de minha trajetória discente e de minha relação com a Matemática. Essa relação não é algo que apareceu na minha vida recentemente, mas está comigo desde a minha infância, mesmo que de maneiras e em contextos bem diferentes.

O meu pai, por se tratar de um homem que nasceu e cresceu na roça, nunca soube muito bem como demonstrar afeto, então, a forma que encontrei de “ficar perto” era enquanto ele estava trabalhando como pedreiro, ele desenhava e fazia muitos cálculos em casa para, posteriormente, ir para a obra; assim, quando eu tinha 7 anos, ele faleceu, e eu herdei a sua calculadora, e senti que os números e os cálculos me aproximavam dele de alguma forma; foi dessa maneira que iniciei minha relação com a Matemática.

Já nos Ensinos Fundamental e Médio, tive sempre uma boa relação com a Matemática ensinada, como pode-se ver por meio do meu histórico escolar. Além disso, trata-se de uma época na qual sofri muito *bullying* por causa da timidez, então, meu subconsciente ocultou a maior parte das minhas lembranças da época; por isso, apesar do histórico mostrar que eu me saía bem, não lembro de como eram ministradas as aulas, em especial, as de Matemática; também não lembro muito bem como eram meus professores e nem a minha relação com eles dentro da sala de aula.

Apesar de não ter a maior parte das lembranças do Ensino Fundamental, no Ensino Médio a situação foi levemente diferente, pois mudei de escola, indo estudar no Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG), fazendo o Ensino Médio Integrado com o Técnico em Mineração.

Considerarei ali um grande momento de mudanças, pois o *bullying* cessou e tive que aprender a socializar com outras pessoas de Ouro Preto – MG que estavam na sala e também pessoas que vieram de outras cidades, que eram a grande maioria, afinal passávamos 8 horas por dia, 5 dias da semana, juntos em uma mesma sala de aula e tínhamos muitos trabalhos em grupo; assim, lidar com pessoas de outras cidades com culturas diferentes me fez perder um pouco da timidez e, foi nesse processo, que lembro da minha boa relação com a Matemática dentro da sala de aula.

¹ Somente nesse breve histórico discente, será utilizada a 1ª pessoa do singular. No restante do trabalho, será utilizada a 1ª pessoa do plural.

Como o Curso Técnico em Mineração possui muitas disciplinas que envolvem fórmulas e cálculos, eu me lembro de ter tido uma ótima relação com elas e fui selecionada como monitora da disciplina de Topografia, que foi a disciplina da qual mais gostei, pois eu amava preencher as tabelas usando de cálculos envolvendo senos para determinar distâncias e coordenadas, tanto é que, na época, decidi que queria fazer Engenharia de Agrimensura e Cartográfica como graduação e, após o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), percebi que a universidade mais perto que oferecia esse curso era a Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Eu não possuía condições financeiras para uma mudança de cidade, então, a graduação mais parecida que eu poderia fazer em minha cidade, na Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), era Engenharia Civil, mas, como eu não tinha nota suficiente para alcançar aprovação nesse curso, fui aprovada para minha segunda opção: Matemática também na UFOP. Ainda que, na época, eu não me visse como uma futura professora; também como não entendia as diferenças entre o Bacharelado e a Licenciatura, optei pelo Bacharelado em Matemática; acabei gostando do curso e me saindo muito bem nas disciplinas.

Decidi continuar no Bacharelado e ver o que o destino me reservava, e fui me apaixonando pelas disciplinas mais avançadas do curso; eu gostava de descobrir porque as fórmulas e resultados valiam, e foi assim que encontrei professores sensacionais nas disciplinas de Análise e senti que eu gostaria de seguir meus estudos nessa área.

Na época do Bacharelado, nunca fui engajada com as coisas do curso, então eu não sabia como funcionava a monografia, então, acabei por optar “por um professor” e não por uma área, e a área acabou sendo a área na qual ele trabalhava: Equações Diferenciais Parciais. Foi uma grata surpresa trabalhar nessa área, pois trabalhamos com resultados envolvendo Funções de Green para o Operador Laplaciano. Eu gostei muito de trabalhar descobrindo quais resultados usar para se chegar em outros, e foi aí que, ainda mais, percebi minha afinidade com a área de Equações Diferenciais, em especial, as Parciais. Depois da formatura, decidi tirar um ano de descanso para cuidar da mente, pois a ansiedade me consumiu ao final do curso, e por questões de saúde, decidi parar por esse tempo.

Logo após, decidi tentar novamente entrar na Engenharia Civil e também fiz a inscrição para o Mestrado em Matemática na UFV; na mesma semana, fui selecionada para os dois e optei pelo Mestrado por se tratar de um curso com bolsa, então, eu teria como me manter em outra cidade, e também pela oportunidade de crescimento pessoal pela mudança de cidade, longe da família.

Foi uma experiência sensacional, que me mudou muito com relação à Matemática e como pessoa e, na minha dissertação, optei pela área de Equações Diferenciais Parciais, tendo estudado sobre a construção da hipersuperfície principal para sistemas elípticos; foi quando concluí o mestrado que percebi que, realmente, queria ser professora universitária.

Logo após tal decisão, fiz um concurso para Professor Universitário Substituto, e notei que me faltava muito no “quesito didático”, pois eu não sabia como preparar uma aula. Então, apesar de ter certo “domínio sobre os assuntos”, eu não sabia como planejar metodologias para que os alunos desenvolvessem uma aprendizagem sobre eles; assim, em uma conversa com meu antigo Orientador do Bacharelado, decidi fazer a Licenciatura em Matemática, a fim de desenvolver, por meio das disciplinas e dos estágios, uma perspectiva mais didática para ensinar.

A Licenciatura em Matemática tem me mudado todos os dias: a diferença dessa graduação com o Bacharelado é enorme, pois eu mudei muito e, nessa graduação, tenho tentado viver tudo que a graduação tem a oferecer, seja com professores, seja com colegas de curso através do Centro Acadêmico da Matemática (CAMAT), com o Programa Residência Pedagógica (PRP) ou com as palestras e minicursos. A experiência no PRP tem sido sensacional para o planejamento e a vivência em sala de aula, as disciplinas da Educação me fazem refletir constantemente sobre como o mundo afeta o ensino e a aprendizagem dos alunos e como a Matemática não pode ser neutra a isso. Então, apesar de não querer ser professora da Educação Básica, por uma questão de preferência pessoal de “ligação” com a Matemática do Ensino Superior, construí um carinho especial pela Educação Básica, pois ela é a base de todos que vão chegar para a Matemática do Ensino Superior e aprendi a valorizar ainda mais o trabalho de todos os professores, em especial, os de Matemática, pois lidam muitas vezes com certo “ódio” dos alunos pela matemática, o que faz com que tenham que construir uma certa “abertura” nesse sentimento.

Com esse pensamento e com o fato de todo o amadurecimento provocado por todas as experiências vividas por mim até o presente momento, penso cada vez mais em quais são as diferentes metodologias para se ensinar Matemática, no nível básico ou superior, e é aí que entra a metodologia da Modelagem Matemática, sendo que, para não me afastar totalmente do meu gosto pelas Equações Diferenciais e da Educação Matemática no Ensino Superior, acredito que seja muito interessante investigar, dentro na temática que proponho no presente trabalho, a Modelagem Matemática no ensino de Equações Diferenciais, na perspectiva da Educação Matemática no Ensino Superior.

2. Apresentando nossa pesquisa

A Modelagem Matemática é, atualmente, uma das tendências teórico-metodológicas da Educação Matemática que tem referenciado cada vez mais pesquisas, nos mais variados níveis de ensino (LOPES, REIS, 2024) e também na perspectiva da formação de professores de Matemática (ROSA, REIS, OREY, 2012).

Nesse cenário, parece-nos natural também o surgimento de pesquisas sobre a Modelagem Matemática nos processos de ensino e de aprendizagem da disciplina de Equações Diferenciais, tendo como lócus tanto cursos de Engenharia (LOPES, REIS, 2022) como cursos de Licenciatura em Matemática (REIS, ARAÚJO, 2023).

No presente trabalho, escrito no formato de artigo, intentamos, pois, identificar e analisar as possíveis contribuições da Modelagem Matemática para o ensino e a aprendizagem de Equações Diferenciais, por meio de um mapeamento das pesquisas recentes, escritas no formato de teses e dissertações, como detalhamos, a seguir.

3. Um Mapeamento no CTD da CAPES

Os pesquisadores Fiorentini *et al.* (2016, p. 18) afirmam que o termo mapeamento da pesquisa ou, simplesmente, mapeamento, diferencia-se do estado da arte da pesquisa, por buscar selecionar e fazer referências à identificação, à localização e à descrição das pesquisas que são realizadas num determinado tempo, espaço e campo de conhecimento:

Em síntese, entenderemos o mapeamento da pesquisa como um processo sistemático de levantamento e descrição de informações acerca das pesquisas produzidas sobre um campo específico de estudo, abrangendo um determinado espaço (lugar) e período de tempo. Essas informações dizem respeito aos aspectos físicos dessa produção (descrevendo onde, quando e quantos estudos foram produzidos ao longo do período e quem foram os autores e participantes dessa produção), bem como aos seus aspectos teórico-metodológicos e temáticos. (FIORENTINI *et al.*, 2016, p. 18)

O levantamento que caracterizou nosso mapeamento foi feito por meio de uma busca no Catálogo de Teses e Dissertações (CTD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Inicialmente, indicamos para busca os seguintes termos: “Modelagem Matemática” e “Equações Diferenciais”, sendo encontrados 173 trabalhos (44 teses e 129 dissertações).

A seguir, fomos refinando nossa busca estabelecendo como critérios a priorização de trabalhos realizados na área de Educação Matemática e que, de fato, tenham embasamento teórico-metodológico na Modelagem Matemática, o que resultou em apenas 10 trabalhos (3 teses e 7 dissertações).

Assim, decidimos focar nossa análise nesses 10 trabalhos mapeados, que foram publicados no período de 2004 a 2020 e que apresentam pesquisas diretamente relacionadas à Modelagem Matemática no ensino de Equações Diferenciais, devidamente referenciadas teórico-metodologicamente.

No quadro a seguir, apresentamos as dissertações selecionados, cronologicamente, destacando: ano de defesa, autor(a), título, orientador(a), Programa de Pós-Graduação (PPG) e Instituição de Ensino Superior (IES), identificadas somente por suas siglas, pois são instituições amplamente conhecidas no cenário acadêmico.

Quadro 1: Dissertações mapeadas

Ano	Autor(a)	Título	Orientador(a)	PPG	IES
2004	Adriana Helena Borssoi	A aprendizagem significativa em atividades de Modelagem Matemática como estratégia de ensino	Lourdes Maria Werle de Almeida	Ensino de Ciências e Educação Matemática	UEL
2008	Alyne Maria Rosa de Araújo	Modelagem Matemática nas aulas de Cálculo: uma estratégia que pode contribuir com aprendizagem dos alunos de Engenharia	Adilson Oliveira do Espírito Santo	Educação em Ciências e Matemáticas	UFPA
2009	Roberta Modesto Braga	Modelagem Matemática e tratamento do erro no processo de ensino-aprendizagem das Equações Diferenciais Ordinárias	Adilson Oliveira do Espírito Santo	Educação em Ciências e Matemáticas	UFPA
2010	Vagner Donizeti Tavares Ferreira	A Modelagem Matemática na introdução ao estudo de Equações Diferenciais em um curso de Engenharia	Benedito Antônio da Silva	Educação Matemática	PUC-S P
2016	Rônero Márcio Cordeiro Domingos	Resolução de Problemas e Modelagem Matemática: uma experiência na formação inicial de professores de Física e Matemática	Roger Ruben Huaman Huanca	Ensino de Ciências e Educação Matemática	UEPB
2020	Sebastião Aparecido de Araújo	Utilizando a dimensão sociocrítica da Modelagem Matemática no ensino de Equações Diferenciais para o curso de Licenciatura em Matemática	Frederico da Silva Reis	Educação Matemática	UFOP
2020	Aldo Peres Campos e Lopes	Uma experiência de Modelagem Matemática no ensino remoto de Equações Diferenciais para cursos de Engenharia	Frederico da Silva Reis	Educação Matemática	UFOP

Fonte: Acervo da Pesquisa.

Quadro 2: Teses mapeadas

Ano	Autor(a)	Título	Orientador(a)	PPG	IES
2007	Sueli Liberatti Javaroni	Abordagem Geométrica: possibilidades para o ensino e aprendizagem de Introdução às Equações Diferenciais Ordinárias	Marcelo de Carvalho Borba	Educação Matemática	UNESP Rio Claro
2011	Roberto Fecchio	A Modelagem Matemática e a Interdisciplinaridade na introdução do conceito de Equação Diferencial em cursos de Engenharia	Benedito Antônio da Silva	Educação Matemática	PUC-SP
2017	Michele Carvalho de Barros	Equações Diferenciais Ordinárias no contexto dos Registros de Representação Semiótica e da Modelagem Matemática	Lilian Akemi Kato	Educação para a Ciência e a Matemática	UEM

Fonte: Acervo da Pesquisa.

3.1. A Dissertação de Adriana Helena Borssoi (2004)

A dissertação de Borssoi (2004) intitulada “A aprendizagem significativa em atividades de Modelagem Matemática como estratégia de ensino” teve por objetivo inicial: “Observar, descrever, comparar e compreender se a aprendizagem dos estudantes em um ambiente de ensino com atividades de Modelagem Matemática é significativa e em que aspecto o é” (BORSSOI, 2004, p.11).

A autora utiliza 2 principais referenciais teóricos, que são a Teoria da Aprendizagem Significativa e a Modelagem Matemática. Para a Teoria da Aprendizagem Significativa, ela conta com textos de autores como David Ausubel, Joseph Novak, Marco Antônio Moreira, dentre outros, afirmando que: “O processo da Aprendizagem Significativa está no relacionamento não-arbitrário e substantivo de idéias simbolicamente expressas por algum conceito ou proposição que já é significativo, presente na estrutura cognitiva e adequado para interagir com a nova informação” (BORSSOI, 2004, p. 16).

A respeito da Modelagem Matemática que foi assumida pela autora com a concepção de estratégia de ensino e aprendizagem, a autora conta com referências como Rodney Bassanezi e Lourdes Almeida, dentre outros, considerando: “Modelagem Matemática como uma abordagem, por meio da Matemática, de uma situação ou problema da realidade, configurando uma atividade que se desenvolve segundo um esquema na qual a escolha do assunto tem a participação direta dos sujeitos envolvidos” (BORSSOI, 2004, p. 36).

A pesquisa realizada contou com a participação de uma turma de 39 alunos do 2º ano do curso de Bacharelado em Química da Universidade Estadual de Londrina (UEL), que cursavam a disciplina de Cálculo e Geometria Analítica II, em 2003, cuja professora responsável era a Orientadora da dissertação e o conteúdo de Equações Diferenciais Ordinárias estava incluso no programa dessa disciplina. A pesquisa de campo, que seguiu tendências qualitativas, contou com um questionário para o perfil inicial dos estudantes e foram desenvolvidas 4 atividades de Modelagem intituladas “Estudo da Degradação do Herbicida Imazaquin”, “Modelagem Matemática da Evolução do Consumo de Água na Cidade de Londrina”, “Decaimento da Concentração de Cloro no Tratamento da Água na SANEPAR” e ainda uma 4ª atividade, cujo tema foi escolhido por cada grupo de alunos. Para o levantamento de dados, a autora utilizou registros produzidos pelos alunos durante as atividades de aprendizagem e, para fins de avaliação, alguns instrumentos de coleta de informações como fichas de levantamento, mapas conceituais, resolução de problemas diversos, trabalho final, prova escrita, entrevista semiestruturada e registro de observações das aulas. Para a execução de algumas atividades, foram utilizados os programas Excel e Maple para:

Permitir modelar, analisar simulações, fazer experimentos e conjecturar". Escolhemos explorar algumas funções como, plotar curvas de tendências, ajustar curvas, calcular, representar gráficos, simular resultados, ou seja, não intencionamos explorar todo o potencial que o programa dispõe para o desenvolvimento do conteúdo, visto que os recursos informáticos não são o alvo de nossa pesquisa.” (BORSSOI, 2004, p. 56)

Em relação aos resultados obtidos, a autora afirma que:

O registro das atividades de aprendizagem desenvolvidas por cada aluno nos permitiu constatar a evolução de sua aprendizagem no decorrer do estudo de equações diferenciais e verificar que alguns alunos tiveram a evolução desejada enquanto outros ficaram aquém do esperado.(BORSSOI, 2004, p. 97)

Por fim, a autora conclui que:

Pudemos perceber indícios de que a Modelagem Matemática, como estratégia de ensino, vem a ser uma facilitadora da Aprendizagem Significativa, pois as atividades de ensino em ambiente de modelagem permitem emergir uma grande quantidade de conceitos matemáticos e extramatemáticos, que proporcionam interações favoráveis à aprendizagem, mostrando-se bastante adequadas. (BORSSOI, 2004, p. 111)

3.2. A Dissertação de Alyne Maria Rosa de Araújo (2008)

A dissertação de Araújo (2008) intitulada “Modelagem Matemática nas aulas de Cálculo: uma estratégia que pode contribuir com a aprendizagem dos alunos de Engenharia” se inicia com um breve histórico discente e docente da autora e, a seguir, relata a pesquisa que gerou a dissertação, tendo como objetivo responder à seguinte questão: Como a Modelagem Matemática pode contribuir no processo de aprendizagem dos alunos da disciplina Cálculo III – Equações Diferenciais Ordinárias (EDO) – em um curso de Engenharia da Computação? (ARAÚJO, 2008, p. 21).

O referencial teórico-bibliográfico de Modelagem na Educação Matemática contemplou, como relata a autora, a concepção de Rodney Bassanezi que possui as seguintes concepções sobre a Modelagem e a Modelagem no Ensino: Modelagem consiste na arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real; Modelagem no ensino é apenas uma estratégia de aprendizagem, onde o mais importante não é chegar imediatamente a um modelo bem sucedido, mas caminhar seguindo etapas aonde o conteúdo matemático vai sendo sistematizado e aplicado.

Com base nessas concepções, a autora relata a sua interpretação e concepção da Modelagem Matemática, como sendo:

[...] uma estratégia de ensino e aprendizagem que pode possibilitar ao aluno um melhor aprendizado dos conteúdos matemáticos através da construção de um modelo que descreva o problema identificado no tema estudado, de modo que o professor seja um mediador desse conhecimento, criando em sala de aula um ambiente de interação e significado. (ARAÚJO, 2008, p. 7)

A metodologia de pesquisa foi inicialmente composta por uma pesquisa bibliográfica sobre a Modelagem Matemática para o ensino e as suas possíveis fases e, nesse processo, a autora investigou os trabalhos de autores como Rodney Bassanezi, Maria Salett Biembengut, Nelson Hein e Jonei Barbosa. A autora relata sobre as teorias da Modelagem no Ensino Superior e sobre a Matemática para os cursos de Engenharia, e também escreve sobre a importância de se contextualizar e levar a Matemática para um contexto mais próximo da futura profissão dos alunos, para que assim, o processo de ensino e aprendizagem seja mais efetivo e tenha uma possível melhoria de resultados.

Após todo esse prelúdio, a autora relata especificamente sobre a metodologia de pesquisa que foi delineada por meio de 4 atividades de Modelagem, que foram elaboradas de

forma progressiva em relação às fases da Modelagem, isto é, na primeira atividade, o intuito foi mais familiarizar os alunos com um problema envolvendo Modelagem e, à medida que se passava para outra atividade, eram solicitados mais resultados em relação ao modelo, como soluções, sendo que, na última atividade, também foi solicitada a validação das soluções encontradas pelos alunos.

As atividades foram efetuadas com 20 alunos do curso de Engenharia da Computação da Universidade Federal do Pará, Campus de Belém – PA, em 2006, enquanto a autora ministrava aulas da disciplina de Cálculo III, que tinha como conteúdo as Equações Diferenciais Ordinárias. E, para conseguir analisar os resultados obtidos com a diferença de metodologia, ela usou também questionários aplicados antes e após as atividades, visando que, ao final, ela pudesse analisar, com base nas respostas dos alunos, o que mudou em relação às dificuldades sobre a metodologia implementada durante o ensino de outras disciplinas que precedem o Cálculo III, tais como Cálculo I e II, e o que esperavam em relação à disciplina de Cálculo III, e também ressaltou os registros escritos dos alunos e da autora, como diário de campo, e gravações em áudio.

As principais conclusões foram que a Modelagem Matemática:

[...] é uma estratégia que pôde contribuir com o aprendizado da maioria dos alunos de Engenharia, ao mesmo tempo em que proporciona ao professor a reflexão em relação à prática que pretende adotar levando o aluno a ser crítico e reflexivo frente ao conteúdo que lhe é ensinado, principalmente por ser um processo de construção de conhecimentos e interação em sala de aula, mesmo sabendo que não vai agradar a todos, visto que são pessoas que pensam, agem diferentemente uns dos outros. (ARAÚJO, 2008, p.77)

A autora também concluiu que a Modelagem Matemática auxiliou os alunos a resgatarem os conhecimentos que já tinham sido construídos anteriormente e, em concomitância, também aprendiam os conteúdos estabelecidos para a disciplina de Cálculo III, que estavam cursando no momento. A autora reflete que, apesar de um receio inicial por parte de alguns alunos em relação à mudança da metodologia tradicional, à medida em que as atividades iam sendo apresentadas, foi aumentando o envolvimento desses alunos e eles acabaram por participar ativamente no seu próprio processo de aprendizagem, enquanto a autora / professora serviu como mediadora desse processo; além disso, a Modelagem Matemática proporcionou aos alunos uma visão de como as EDO podem ser exploradas em situações contextualizadas, mesmo que, no caso da pesquisa, os modelos tenham sido adaptados de um livro.

3.3. A Dissertação de Roberta Modesto Braga (2008)

A dissertação de Braga (2008) intitulada “Modelagem Matemática e tratamento do erro no processo de ensino-aprendizagem das Equações Diferenciais Ordinárias”, infelizmente, não está disponível para acesso no repositório institucional da Universidade Federal do Pará (UFPA). Dessa forma, analisamos, brevemente, o artigo intitulado “‘Novas’ e ‘velhas’ tecnologias: possibilidade de tratamento do erro matemático em processos de Modelagem Matemática” (2013), que conta com Braga em sua autoria e utiliza sua dissertação como uma das principais referências teórico-bibliográficas.

No artigo, a autora concebe a ideia de Modelagem Matemática com referências a Rodney Bassanezi, Maria Isaura Chaves e Adilson do Espírito Santo, afirmando que a Modelagem é um processo de criação de modelos matemáticos a partir de uma realidade contextualizada para uma linguagem matemática.

A autora realizou uma pesquisa com abordagem qualitativa, pois visou uma abordagem descritiva e interpretativa. A pesquisa aconteceu com alunos da disciplina de Cálculo Diferencial e Integral II que cursavam a Licenciatura Plena em Matemática na Universidade do Estado do Pará (UEPA), por meio de atividades que envolveram adequação e experimentos com Modelagem Matemática.

A autora afirmou que foram utilizados problemas a serem modelados e, assim, os conteúdos iam surgindo de acordo com a necessidade e, na medida em que os erros matemáticos apareciam, iam sendo tratados por meio da utilização das tecnologias adequadas a cada situação. Ao relacionar o tratamento do erro matemático com a Modelagem Matemática, a autora concluiu que o tratamento de erro não é somente “descobrir o que está errado”, mas descobrir as possíveis causas desse erro por meio de reflexões, em concomitância com a característica da Modelagem sobre a reflexão, pois é por meio das reflexões sobre as informações e conjecturas que se pode perceber erros ou incongruências no processo de Modelagem Matemática.

3.4. A Dissertação de Vagner Donizeti Tavares Ferreira (2010)

A dissertação de Ferreira (2010) intitulada “A Modelagem Matemática na introdução ao estudo de Equações Diferenciais em um curso de Engenharia” “tem por objetivo geral apresentar a Modelagem Matemática como processo de ensino e aprendizagem, de modo a propor uma intervenção de ensino para o estudo das Equações Diferenciais.” (FERREIRA,

2010, p. 17). A dissertação visou possibilitar aos alunos de Engenharia que participaram da pesquisa perceber a relação entre os problemas da vida real e a Matemática, por meio das Equações Diferenciais, e que os alunos consigam interpretar o real significado das soluções que eles encontraram ao resolver os problemas, envolvendo Equações Diferenciais Lineares de Variáveis Separáveis.

O referencial teórico em relação à Modelagem Matemática teve por embasamento as ideias de Rodney Bassanezi, em que se entende a Modelagem Matemática sobre 2 vertentes: uma como método científico, que visa como principal foco a Modelagem de um problema e a sua solução e está mais ligada à Matemática Aplicada, e outra como estratégia de ensino e aprendizagem, em que a aprendizagem do aluno se dá “como resultado da interação do aluno com o meio ambiente”(FERREIRA, 2010, p. 34). Para trabalhar na segunda vertente, além do autor já citado, ele referencia 5 argumentos de Jonei Barbosa para a utilização da Modelagem como processo de ensino e aprendizagem, que são: “motivação, [...]; facilitação da aprendizagem [...]; preparação para utilizar a Matemática em diferentes áreas [...]; desenvolvimento de habilidades gerais de exploração [...]; compreensão do papel sócio-cultural da Matemática” (FERREIRA, 2010, p. 34). Com base na proposta da pesquisa, o autor optou por seguir a segunda vertente para a Modelagem Matemática e utilizou a ideia de modelo matemático de Rodney Bassanezi, como “um conjunto de símbolos e relações matemáticas que representam de alguma forma o objeto estudado”.

A pesquisa foi feita com 15 alunos, de forma voluntária, de uma turma que cursava o 3º semestre da faculdade de Engenharia no período matutino de uma instituição particular de São Paulo e, dentre os cursos dos alunos, destacou-se: Engenharia de Produção, Engenharia Mecânica, Engenharia Elétrica e Engenharia Mecatrônica, sendo que os alunos ainda não haviam cursado a disciplina de Equações Diferenciais. A pesquisa se iniciou com 6 atividades realizadas no Laboratório de Física, e foram desenvolvidas com os alunos divididos em trios, visando que compreendessem o significado de uma Equação Diferencial com o uso do processo de Modelagem Matemática. As atividades 1 e 2 foram compostas de experimentos com mola e amortecedores, respectivamente, sendo que, inicialmente, foi apresentado um problema que envolvia o trabalho da mola e do amortecedor em um carro. Os experimentos serviram para mostrar ou refutar as conjeturas que os alunos fizeram durante as discussões sobre o problema. A atividade 3 consistiu em experimentos utilizando sistema mola-amortecedor de uma moto. A atividade 4 foi representar o problema em linguagem matemática, encontrar o modelo do sistema de suspensão com as variáveis e constantes envolvidas e o resolver. A atividade 5 envolveu uma situação-problema referente à

despoluição de uma lagoa e a atividade 6 envolveu o tempo de absorção de drogas pelo organismo. Em sua pesquisa, o autor recolheu dados na forma de anotações dos alunos e das gravações das discussões que ocorreram nos grupos durante a execução das atividades.

Na parte de análise, o autor, primeiramente, estudou os dados de forma mais geral, para analisar a evolução de todos, e dividiu essa análise para cada uma das atividades de forma separada. Depois, ele tomou por referência a evolução de um dos grupos ao longo das atividades realizadas na pesquisa para analisar e responder as questões que nortearam a sua pesquisa, que são:

- A modelagem matemática é uma ferramenta que possibilita ao aluno de engenharia relacionar uma equação diferencial com problemas ligados a fenômenos reais, a fim de entendê-lo e tomar decisões sobre eles?
- Que contribuições a modelagem matemática, como metodologia de ensino e aprendizagem de equações diferenciais, pode trazer para o estudante do curso de Engenharia? (FERREIRA, 2010, p. 89)

Por meio da análise desse grupo, o autor visou encontrar nos dados, momentos que mostrassem os 5 argumentos de Jonei Barbosa para justificar a escolha da vertente da Modelagem como estratégia de ensino e aprendizagem e, em cada dado citado, explicitou qual dos argumentos se encaixavam para aquele momento e a razão que o motivou a chegar a tal conclusão.

O autor concluiu que “a Modelagem propiciou a estes estudantes a possibilidade de construir o seu próprio conhecimento, por meio de uma metodologia que não segue exclusivamente a relação professor aluno, e sim da interação deste aluno com seu meio ambiente”(FERREIRA, 2010, p. 101). Além disso, ele afirmou que “a Modelagem Matemática ajudou no processo de relacionar uma equação matemática, como uma ferramenta aliada no importante trabalho de entender e tomar decisões a respeito de problemas ligados a fenômenos naturais” (FERREIRA, 2010, p. 103).

3.5. A Dissertação de Rônero Márcio Cordeiro Domingos (2016)

A dissertação de Domingos (2016) intitulada “Resolução de Problemas e Modelagem Matemática: uma experiência na formação inicial de professores de Física e Matemática” teve como objetivo responder, por meio de uma pesquisa, à seguinte questão norteadora:

Como os estudantes de um curso de Licenciatura em Física ou Matemática podem desenvolver suas habilidades e atitudes para a prática da sala de aula no contexto da Modelagem ao longo de um curso de extensão sobre Equações Diferenciais Ordinárias, utilizando-se a Metodologia de Ensino-Aprendizagem-Avaliação de Matemática através da Resolução de Problemas? (DOMINGOS, 2016, p. 16)

A metodologia de pesquisa foi a metodologia de Romberg-Onuchic². Uma pesquisa de campo foi feita e teve como contexto a Modelagem Matemática, utilizando como metodologia de Ensino-Aprendizagem da Matemática a Resolução de Problemas. A pesquisa foi feita com 1 professor substituto e 7 alunos do curso de Física do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus de Salgueiro – PE, 8 alunos do curso de Matemática da Faculdade de Ciências Humanas do Sertão Central, que cursavam um curso de extensão sobre Equações Diferenciais Ordinárias no contexto da Modelagem Matemática, para o qual o autor escolheu cuidadosamente as situações-problemas que foram trabalhadas e todas as ações tiveram por foco os alunos como os principais responsáveis pelo seu próprio processo de aprendizagem, incluindo modelos clássicos da Matemática, adaptados para o contexto de vida dos alunos, como situação envolvendo censo demográfico da cidade de Salgueiro – PE, Modelo de Resfriamento de Newton, Lei de Newton, Lei de Torricelli, Matemática Financeira, Mistura de Soluções. O curso levou em conta 2 abordagens da Modelagem Matemática: ensinar sobre Modelagem e ensinar a modelar.

O referencial teórico-bibliográfico de Modelagem na Educação Matemática incluiu autores como Rodney Bassanezi, Lourdes Almeida, Jonei Barbosa e Maria Salett Biembengut, e utilizou como principal base para tal “a perspectiva sócio-crítica fundamentada na Educação Matemática Crítica de Ole Skovsmose” (DOMINGOS, 2016, p. 41), que aponta seus movimentos para as situações que ocorrem na sociedade, e que são conflitantes e geram reflexões. Segundo o autor:

A Modelagem Matemática, na perspectiva sócio-crítica, tem como objetivo não só desenvolver a teoria da matemática em si, mas, também, desenvolver a Educação como um suporte da democracia, ou seja, a Modelagem torna-se um ambiente de investigação, em que o aluno é convidado a ‘fazer matemática’ através da Resolução de Problemas. (DOMINGOS, 2016, p. 42)

O autor reflete, com base em pesquisas, em como utilizar a Modelagem Matemática na sala de aula e, nesse contexto. Afirmou que:

² Ver Domingos (2016, p. 26)

O Ensino da Matemática deve-se dar no contexto da Modelagem Matemática, pela qual se possibilita ao professor, por meio de um ambiente de investigação, dar sentido aos conteúdos da Matemática, relacionando-os com atividades não matemáticas da realidade. (DOMINGOS, 2016, p. 49)

O autor reflete sobre a Modelagem Matemática, especificamente, para a formação inicial do professor de Física e Matemática, afirmando que: “A formação inicial no contexto da Modelagem Matemática, [...] não deve se limitar simplesmente a produzir conhecimento sobre Modelagem Matemática, mas, procurar incorporá-la na prática do professor” (DOMINGOS, 2016, p. 55). O autor visou, durante a pesquisa: ensinar sobre Modelagem, ensinar para modelar e ensinar a modelar por meio da Resolução de Problemas. Após as reflexões, o autor fala sobre a metodologia de Resolução de Problemas que foi utilizada por ele no desenvolvimento da pesquisa:

O propósito da metodologia Resolução de Problemas vai de encontro ao propósito da Modelagem Matemática, uma vez que, na Modelagem, um dos objetivos é dar oportunidade para que os alunos participem da construção de seu próprio conhecimento, formalizando seus próprios problemas referentes a temas presentes em um contexto social. (DOMINGOS, 2016, p. 80)

As principais conclusões do autor foram de que a Modelagem Matemática favoreceu o desenvolvimento, nos futuros professores, de atitudes e habilidades em Resolução de Problemas, e que trabalhar por meio de situações-problema no contexto da Modelagem Matemática em uma perspectiva que considera o aluno como parceiro na construção de um novo conhecimento é um caminho promissor para o ensino e a aprendizagem de Matemática e Física. Além disso, ele constatou que o estudo de modelos clássicos da Matemática pode possibilitar, aos futuros professores, desenvolver técnicas para aplicarem em outras atividades envolvendo temas da realidade de seus alunos. Por fim, ele termina o texto afirmando que os cursos de formação inicial de professores de Matemática e Física devem desenvolver atividades de aprendizagem que sejam desafiadoras intelectualmente, promovendo atitudes de investigação e de questionamento nos alunos.

3.6. A Dissertação de Sebastião Aparecido de Araújo (2020)

A dissertação de Araújo (2020) intitulada “Utilizando a dimensão sociocrítica da Modelagem Matemática no ensino de Equações Diferenciais para o curso de Licenciatura em Matemática” investigou e analisou as possíveis contribuições de atividades que utilizam a

metodologia de Modelagem Matemática em uma perspectiva sociocrítica, tendo por foco a aprendizagem de Equações Diferenciais com estudantes do curso de Licenciatura em Matemática. Para isso, o autor contou, primeiramente, com um recorte de pesquisas envolvendo Projetos de Modelagem Matemática no Ensino de Equações Diferenciais e, para tal, utilizou de referências em relação à Modelagem Matemática e ao ensino de Equações Diferenciais.

Inicialmente, o autor buscou contextualizar a importância do ensino de Cálculo Diferencial e Integral (CDI) e de Equações Diferenciais Ordinárias (EDO), por meio de uma pequena revisão histórica da Matemática, a fim de aclarar sua importância nas mais variadas áreas de conhecimento, destacando a dificuldade que os alunos apresentam na aprendizagem de Matemática, especialmente, devido a uma apresentação matemática não contextualizada. O autor aborda um pouco também sobre o CDI e como seu ensino, muitas vezes sem contextualização, leva a grandes índices de reprovações nos cursos que o aplicam e, de maneira similar, ele aborda um pouco as EDO e o seu ensino, sendo que, muitas vezes, os alunos não conseguem associá-lo ao ensino de CDI.

O autor apresenta algumas pesquisas sobre o ensino e a aprendizagem de EDO, levando em conta metodologias da Educação Matemática. Então, foram desenvolvidas e avaliadas atividades de Modelagem Matemática, tendo como base definições e propriedades de Equações Diferenciais Ordinárias de 1ª ordem, que foram realizadas em uma visão sociocrítica, tendo como participantes alunos de curso de Licenciatura em Matemática.

O referencial teórico-bibliográfico de Modelagem na Educação Matemática contemplou a “concepção de Dionísio Burak, em sintonia com pensamentos de inclusão, socialização e criticidade que podem proporcionar uma grande modificação nos processos de ensino e de aprendizagem da Matemática” (ARAÚJO, 2020, p.71). O autor usou também referenciais de pesquisadores sobre Modelagem como Jussara Araújo, Maria Salett Biembengut e Jonei Barbosa.

A metodologia de pesquisa contemplou também a realização de uma pesquisa de campo que produziu dados que propiciaram uma análise qualitativa, e foi feita usando características fundamentais do método qualitativo baseada em um trabalho de Robert Bogdan e Sari Biklen, em que se procurou analisar as possíveis contribuições de atividades de Modelagem Matemática numa perspectiva sociocrítica para a aprendizagem de Equações Diferenciais. A pesquisa foi delineada por meio de atividades exploratórias, de uma palestra sobre Educação Matemática e Modelagem, e de um questionário de avaliação das atividades, etapas que ocorreram de forma virtual por causa da pandemia de COVID-19. Os dados foram

compostos pelos questionários, anotações no diário de campo, filmagens e outras formas de registro, com alunos de curso presencial de Licenciatura em Matemática matriculados na disciplina de Equações Diferenciais Ordinárias das Faculdades Doctum de Ipatinga – MG.

As principais conclusões foram que as atividades de Modelagem Matemática “trouxeram um contributo para a aprendizagem e ressignificaram conceitos matemáticos de EDO, de CDI e de outros conhecimentos matemáticos requeridos diretamente na problematização” (ARAÚJO, 2020, p.166). O autor também concluiu que “a Modelagem mostrou que é possível construir conhecimentos matemáticos numa interação entre conteúdos matemáticos, contextos sociais e metodologias didáticas” (ARAÚJO, 2020, p.180), e ainda que “a Modelagem mostrou que o processo de busca pelo conhecimento é mais importante que o produto final [...] pois consideramos que as atividades contribuíram para conectar a tecnicidade da Matemática com as questões cotidianas e com a emancipação que ela pode trazer, tornando-os cidadãos com uma criticidade maior” (ARAÚJO, 2020, p. 180).

3.7. A Dissertação de Aldo Peres Campos e Lopes (2020)

A dissertação de Lopes (2020) intitulada “Uma experiência de Modelagem Matemática no ensino remoto de Equações Diferenciais para cursos de Engenharia” teve por referencial teórico-bibliográfico sobre Modelagem Matemática, trabalhos de pesquisadores como Rodney Bassanezi, Wilson Ferreira e Sueli Javaroni, para quem a Modelagem Matemática pode ser definida como um “processo dinâmico utilizado para a elaboração e validação de modelos matemáticos e, tem como um dos seus objetivos principais a possibilidade de previsão de tendências acerca do objeto estudado”. O autor apresenta ainda algumas considerações sobre o processo da Modelagem Matemática no ensino e aprendizagem com base em Maria Salett Biembengut e Nelson Hein, para quem a Modelagem no ensino pode ser uma “ferramenta útil para gerar interesse no aluno, principalmente diante de tópicos que ele ainda não conhece”. O autor referencia também autores como Jonei Barbosa e Ole Skovsmose, que possuem trabalhos sobre a Modelagem Matemática em uma perspectiva crítica, isto é, uma Modelagem que gere reflexão e debates sobre problemas e assuntos do cotidiano por meio de suas atividades.

A questão que regeu a realização da pesquisa foi delineada da seguinte forma: “Quais são as possíveis contribuições de atividades de Modelagem Matemática ao ensino remoto de Equações Diferenciais para alunos de Engenharia de uma universidade federal mineira?”. Com base nessa questão, o objetivo da pesquisa foi analisar as contribuições, visando a

aprendizagem dos alunos e o desenvolvimento da sua criticidade. A metodologia de pesquisa contemplou uma pesquisa de campo com alunos de Engenharia da Universidade Federal de Itajubá, Campus de Itabira – MG, matriculados em 2 turmas da disciplina Equações Diferenciais I, e a pesquisa ocorreu com a elaboração, desenvolvimento e avaliação de atividades de Modelagem Matemática, de maneira remota, em 2020, devido à pandemia de COVID-19. A abordagem da pesquisa foi qualitativa que, de certa forma, visou compreender os significados gerais dos dados fornecidos pela pesquisa, sendo que a abordagem teve seu percurso metodológico baseado nas ideias de Robert Bogdan e Sari Biklen. Durante a pesquisa, houve anotações em um diário de campo, sobre observações feitas durante as atividades, e também foram aplicados questionários aos alunos para perceber as suas percepções após as atividades realizadas.

Para o percurso de elaboração das atividades de Modelagem envolvendo Equações Diferenciais Ordinárias (EDO) que foram desenvolvidas com os alunos, o autor utilizou a estrutura de João Bosco Laudaes. As atividades foram realizadas em grupos de 4 a 6 alunos cada, sendo que cada grupo realizou 2 atividades no total: uma envolvendo EDO de 1ª ordem, abordando o tema “Absorção de álcool no organismo e risco de acidentes” ou o tema “Modelando a dieta”; e outra envolvendo EDO de 2ª ordem, abordando o tema “Comportamento de compra do consumidor” ou o tema “Modelando a propagação de uma epidemia”. Para cada atividade, foram seguidos os seguintes 10 “passos didáticos”: Matematização da Lei Física; Resolução da Equação Diferencial do modelo; Condições iniciais ou de contorno; Substituição das constantes dadas; Cálculos solicitados nos problemas (explicitar o que se pede); Modelo matemático do fenômeno (equação encontrada); Gráficos do modelo; Descrição sintética do fenômeno; Análise da equação do modelo; Análise crítica do modelo.

Com base na análise dos dados obtidos, o autor concluiu que os alunos evidenciaram muitas contribuições para a sua aprendizagem em Equações Diferenciais ao utilizarem a Modelagem Matemática, e um fato que foi destacado por eles é que, por meio das atividades, eles conseguiram entender e interpretar como as Equações Diferenciais podem ser aplicadas no cotidiano. O autor também concluiu que:

A Modelagem proporcionou motivação, facilitou a aprendizagem de Equações Diferenciais, estimulou o uso da Matemática em outras áreas, contribuiu para desenvolver habilidades de investigação e, também, permitiu a compreensão, pelo menos em alguns momentos, da função sociocultural da Matemática. Outra contribuição foi ajudar a eliminar o ‘bloqueio’ em relação à disciplina. (LOPES, 2020, p. 174)

Por fim, outro destaque da contribuição para a aprendizagem dos alunos foi assim explicitado pelo autor: “Os alunos demonstram um interesse maior na disciplina quando se envolvem com algum projeto” (LOPES, 2020, p. 170).

3.8. A Tese de Sueli Liberatti Javaroni (2007)

A tese de Javaroni (2007) intitulada “Abordagem Geométrica: possibilidades para o ensino e aprendizagem de Introdução às Equações Diferenciais Ordinárias” teve por objetivo tentar responder a questão diretriz: “Quais as possibilidades de ensino e aprendizagem de Introdução às Equações Diferenciais Ordinárias através da análise qualitativa dos modelos matemáticos, com o auxílio de Tecnologia de Informação e Comunicação?” (JAVARONI, 2007, p. 22).

A autora, com base em Rodney Bassanezi, define:

Um modelo matemático de um fenômeno ou de uma situação é um conjunto de símbolos e relações matemáticas que o representam. Assim, Modelagem Matemática pode ser definida como o processo dinâmico utilizado para a elaboração e validação de modelos matemáticos e tem como um dos seus objetivos principais a possibilidade de previsão de tendências acerca do objeto estudado.(JAVARONI, 2007, p. 26)

A Modelagem Matemática definida pela autora é oriunda da concepção de “Modelagem Matemática e Aplicação”, como ela afirma:

Se tenho um problema do ‘mundo’ para resolver, elaboro um modelo que aproxime, o melhor possível, a situação analisada, aplico técnicas de resolução algébrica ou numérica, determino e interpreto sua solução com relação ao problema analisado e depuro o modelo, caso haja necessidade, e finalmente infiro sobre o problema analisado, estou fazendo modelagem matemática. No entanto, se eu parto de modelos que atendam situações ditas ‘reais’ e os analiso, estudo, aplico as técnicas algébricas ou numéricas de resolução e determino sua solução, o que estou fazendo é aplicação. (JAVARONI, 2007, p. 30)

Ainda apresentando definições, a respeito de determinados aspectos do modelo matemático, a autora afirma que:

Uma análise qualitativa do modelo matemático significa buscar propriedades do modelo em análise sem necessariamente procurar sua solução analítica,

buscar inferir sobre suas características através da análise geométrica das equações através dos campos de vetores, isto é, interpretar um determinado fenômeno, elaborando assim um modelo matemático que o represente, investigá-lo e compreendê-lo. (JAVARONI, 2007, p. 56)

Na pesquisa realizada, primeiramente, ocorreu uma “atividade piloto” com alunos do curso de Ecologia que cursavam a disciplina de Cálculo II, na qual o conteúdo de Introdução às Equações Diferenciais Ordinárias era estudado, e aconteceram no Laboratório de Informática e Educação Matemática, em 2006, com 9 alunos em um Curso de Extensão Universitária de 36 horas, que cursavam Matemática (8 cursavam Licenciatura e 1 cursava Bacharelado) no Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro – SP, instituição na qual a autora assumiu a posição de docente do referido curso. O curso foi dividido em blocos, assim detalhados pela autora:

O primeiro bloco tem por objetivo identificar uma Equação Diferencial Ordinária, saber o significado de uma solução, de um problema de valor inicial, da existência e unicidade das soluções. O objetivo do segundo bloco consiste em analisar alguns modelos tais como: modelos de crescimento populacional de Malthus, de Verhulst, de aquecimento / resfriamento, dados discretos de um experimento (o resfriamento da cerveja). Já o terceiro bloco tem por objetivo introduzir a abordagem qualitativa de Equações Diferenciais através dos campos de vetores. O objetivo do quarto bloco consiste em estudar o método de separação de variáveis, bem como comandos do Maple para o estudo de Equações Diferenciais Ordinárias. (JAVARONI, 2007, p. 58)

As atividades desenvolvidas utilizaram os *softwares* Winplot, Maple, um applet e a planilha de cálculo Excel. Os alunos realizaram as atividades divididos em 4 duplas e 1 trio. A pesquisa utilizou-se de atividades que foram feitas em uma abordagem qualitativa de modelos matemáticos e seguiu um roteiro elaborado pela autora para o “passo a passo” do que foi feito nas atividades, incluindo também o que foi feito com o auxílio das mídias informáticas e, para registro dos dados, a autora contou com notas de campo escritas por ela, com os questionários aplicados aos alunos, no início e no final do curso, fazendo o uso do software Camtasia que gravou as imagens do computador e dos alunos e suas vozes durante as atividades. Com relação à análise dos dados, a autora aponta para a:

[...] importância do desenvolvimento do processo de Modelagem Matemática, pois ficou evidente na discussão da dupla, a preocupação e necessidade de retornar às hipóteses assumidas inicialmente para entender a Equação Diferencial Ordinária elaborada e mesmo propor tentativas de

outros modelos que, segundo eles, melhor descreviam o fenômeno. (JAVARONI, 2007, p. 149)

Analisando os dados obtidos na pesquisa, a autora optou por analisar o “processo de visualização em atividades investigativas auxiliadas pelas mídias informáticas, as abordagens geométrica e algébrica com as mídias informáticas, e o conhecimento como rede de significados” (JAVARONI, 2007, p. 152).

Por fim, a autora concluiu a respeito do papel da Modelagem Matemática em sua pesquisa que:

Neste trabalho a Modelagem Matemática não surgiu nem como a concepção da Educação Matemática nem como a da Matemática Aplicada, mas sim como Aplicação Matemática, ou seja, a estratégia de estudar modelos matemáticos clássicos da literatura, como nesta tese, objeto em queda, modelo de Malthus, modelo de Verhulst e a lei do resfriamento, utilizando a abordagem qualitativa desses modelos, através das tecnologias de informação e comunicação. (JAVARONI, 2007, p. 171)

3.9. A Tese de Roberto Fecchio (2011)

A tese de Fecchio (2011) intitulada “A Modelagem Matemática e a Interdisciplinaridade na introdução do conceito de Equação Diferencial em cursos de Engenharia” teve como objetivo responder a seguinte questão de investigação: “Atividades interdisciplinares que utilizam a Modelagem Matemática propiciam a aprendizagem de Equações Diferenciais?”.

O autor utilizou a Modelagem Matemática como estratégia de ensino e aprendizagem e, para tal, usou como principais referências, pesquisadores como Rodney Bassanezi, Jonei Barbosa, Marcelo Borba e Miriam Penteadó. O autor descreveu sobre as 5 fases da Modelagem propostas por Rodney Bassanezi, que são: experimentação, abstração, resolução, validação e alteração ou modificação. Além disso, apresentou os argumentos favoráveis e os obstáculos que o pesquisador aponta sobre a Modelagem no ensino. Os argumentos favoráveis envolvem os aspectos formativo, de competência crítica, de utilidade, intrínseco, de aprendizagem e de alternativa epistemológica. Já os obstáculos envolvem, principalmente, os aspectos institucionais para os alunos.

O autor apontou que, de acordo com os pesquisadores Marcelo Borba e Miriam Penteadó, a Modelagem pode ter seu enfoque na parte experimental voltado para as Tecnologias Informáticas e, como sua pesquisa investigou a interdisciplinaridade

conjuntamente com a Modelagem Matemática, também buscou referenciar-se em Ana Paula Malheiros

O autor identificou que sua pesquisa possuiu características compatíveis com a “Teoria da Situações Didáticas”, teoria proposta pelo pesquisador Guy Brousseau que “estabelece a criação de um modelo de interação entre estudante, professor e o meio onde a aprendizagem deve ocorrer.”(FECCHIO, 2011, p. 72), e caracteriza 7 situações: “situação objetiva, situação de referência, situação de aprendizagem, situação didática, situação de projeto, situação de construção e noosfera³” (FECCHIO, 2011, p. 109).

A pesquisa foi caracterizada como uma pesquisa qualitativa, pois “qualitativo é estabelecido como aquilo que se refere à qualidade, tendo a ver com o subjetivo, com o sentimento, com opiniões sobre as coisas” (FECCHIO, 2011, p. 100), do tipo pesquisa-ação, “em que o pesquisador desenvolve uma investigação sobre sua prática, ou seja, uma intervenção intencionada e planejada com coleta de informações envolvendo grupos de participantes que cooperam com o pesquisador”(FECCHIO, 2011, p. 101). A pesquisa foi realizada com 12 alunos matriculados no 2º ano do ciclo básico de Engenharia, matriculados na disciplina Cálculo Diferencial e Integral II em um centro universitário do grande ABC – SP, em 2010. Os alunos foram divididos em duplas e fizeram 3 atividades interdisciplinares, tendo como atividade central “Mistura de Soluções”, que envolveu temas relacionados à Física e à Química, aplicadas a situações reais e que utilizou a Modelagem Matemática como um recurso didático. Para a atividade, os alunos contaram com um Laboratório de Química, onde fizeram experimentos e com um Laboratório de Informática, onde utilizaram o Excel para que, com os dados, fossem obtidas funções.

O autor relatou sobre as contribuições do uso da Modelagem Matemática, dentre elas “as interações entre Matemática, objeto físico e uso de *softwares* específicos que ocorreram, [...] oportunidades para exercitar a competência técnica e a capacidade para desenvolver projetos, indispensáveis para o futuro engenheiro”(FECCHIO, 2011, p. 181). Por fim, o autor também destacou que:

[...] o que nos impressionou nesta fase foi a surpresa e satisfação dos alunos ao encontrarem, com base nas condições iniciais, uma solução analítica compatível com a solução experimental, e o fato de poder utilizá-la para fazer previsões com relativa segurança. Verificamos aqui as vantagens do uso da Modelagem para a relação ensino e aprendizagem, ao torná-la uma prática da sala de aula. (FECCHIO, 2011, p. 182)

³ Ver Fecchio (2011, p. 106).

Dessa forma, o autor afirmou ter respondido afirmativamente à questão diretriz, especialmente, no que diz respeito à possibilidade de contribuições para o processo de aprendizagem de Equações Diferenciais utilizando a Modelagem Matemática e a interdisciplinaridade.

3.10. A Tese de Michele Carvalho de Barros (2017)

A tese de Barros (2017) intitulada “Equações Diferenciais Ordinárias no contexto dos Registros de Representação Semiótica e da Modelagem Matemática”, teve por objetivo:

[...] investigar o potencial de uma sequência de situações, envolvendo problemas no contexto da Modelagem Matemática, na perspectiva dos registros de representação semiótica e das mudanças de domínio, na condução do processo de aprendizagem das equações diferenciais ordinárias para estudantes dos cursos de engenharias. (BARROS, 2017, p. 21)

A autora discorre sobre o que entendeu, ao longo de sua pesquisa, por representação semiótica:

O termo registro de representação semiótica é utilizado, em Matemática, para designar os diferentes tipos de representações semióticas. A língua natural, as figuras geométricas, as representações gráficas, as escritas simbólicas algébricas e numéricas são exemplos de registros de representação semióticas. (BARROS, 2017, p. 28)

A pesquisa realizada pela autora foi de cunho qualitativo, de acordo com as concepções de Robert Bogdan e Sari Biklen, com as seguintes características desse tipo de pesquisa: “A investigação qualitativa é descritiva”; “Os investigadores qualitativos interessam-se mais pelo processo do que simplesmente pelos resultados ou produtos”; “O significado é de importância vital na abordagem qualitativa”. Os dados analisados na pesquisa foram obtidos por meio de registros escritos dos alunos em todas as atividades desenvolvidas e no questionário inicial, pelas observações em áudio e vídeo e das análises *a priori* e *a posteriori*, e foram obtidos durante um curso de extensão de 27 horas, ministrado pela autora na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Campo Mourão, em 2015, para alunos dos cursos de Engenharias (Ambiental, Alimentos, Civil e Eletrônica) matriculados na disciplina de Equações Diferenciais ou Matemática II. A metodologia de pesquisa adotada pela autora para determinar o passo a passo da pesquisa foi a engenharia didática, com base nos conceitos de Michele Artigue: “Em síntese, o processo da engenharia

didática se compõe de quatro fases: as análises preliminares, a construção das situações e análise *a priori*, a experimentação e a análise *a posteriori*, e validação” (BARROS, 2017, p. 57).

A 1ª fase foi composta por nove atividades de Equações Diferenciais Ordinárias (EDO), envolvendo uma abordagem qualitativa e teve o auxílio dos *softwares* Maple e GeoGebra. A 2ª fase do curso foi composta por problemas de Modelagem Matemática e teve como temas, oriundos de sugestões dos próprios alunos, Decaimento Radioativo, Lei de Resfriamento de Newton, que foi trabalhada por meio de um experimento, e um problema desenvolvido por cada um dos grupos de alunos que pudessem ser modelados por uma EDO. Os alunos desenvolveram as atividades em 4 grupos de 3 a 5 integrantes, e seguiram as etapas de Modelagem Matemática propostas por Rodney Bassanezi: “Coletar as informações necessárias para a resolução do problema, selecionar as variáveis envolvidas, levantar hipóteses, resolver e validar o modelo obtido” (BARROS, 2017, p. 157).

A autora reflete que “a Modelagem Matemática na Educação Matemática tem suas raízes oriundas no método científico utilizados por pesquisadores da Matemática Aplicada” (BARROS, 2017, p. 50). A concepção de Modelagem Matemática adotada pela autora em sua pesquisa foi a de Rodney Bassanezi e a perspectiva adotada foi a educacional, concebendo a Modelagem Matemática como “a arte de transformar situações da realidade em problemas matemáticos”. A autora, com base em Rodney Bassanezi, indica as classificações dos modelos matemáticos em: “linear ou não linear”; “estáticos ou dinâmicos” e “educacional”, classificação com base no tipo de Matemática utilizada. Pelo objetivo de sua pesquisa, a autora optou por modelos matemáticos classificados como educacionais, pois:

[...] não buscamos um modelo que leva em conta todas as variáveis do fenômeno estudado e/ou necessita de uma Matemática que está muito além dos conhecimentos dos alunos, mas sim de um modelo que auxilie os estudantes a compreender tanto o fenômeno analisado quanto o conceito estudado. (BARROS, 2017, p. 52)

Ao relacionar a Modelagem Matemática com as representações semióticas, a autora, com base em trabalhos de Rodolfo Vertuan, Dionísio Burak e Celia Brandt, afirma:

[...] na resolução de um problema de Modelagem Matemática, é imprescindível a utilização de diversos registros de representação e a coordenação desses diferentes registros é o que possibilita a compreensão do fenômeno estudado. É durante os processos de compreensão, de formulação e de interpretação do modelo que podemos observar as significações que os alunos conferem ao relacionar o significante e o significado. Ao obter um

modelo matemático para uma situação não matemática, além de uma conversão entre registros, estamos realizando uma mudança de um domínio não matemático para um domínio matemático. (BARROS, 2017, p. 56)

A autora também analisou os livros didáticos clássicos “Equações Diferenciais elementares e problemas de valores de contorno” de Boyce e Diprima, e “Equações Diferenciais” de Zill e Cullen, tendo por objetivo analisar como as EDO são trabalhadas nos livros e observando os registros de representações semióticas que podem ser observados nos exercícios resolvidos. A autora também analisou como a Modelagem Matemática é abordada nos livros, concluindo que:

[...] inferimos que os problemas de Modelagem Matemática apresentados nos livros didáticos analisados se aproximam de uma resolução de exercícios com referência na realidade, na qual basta que o aluno retire os dados fornecidos no problema e substitua-os em uma fórmula pronta, no caso, a EDO que modela o fenômeno. Os problemas não são resolvidos pelos autores utilizando as diretrizes que eles mesmos estabelecem como necessárias para a Modelagem. [...] os problemas apresentados nos livros didáticos não oferecem aos estudantes a possibilidade de elaborarem hipóteses e de interpretar a situação para, na sequência, analisarem qual seria a EDO que poderia representar o fenômeno. Ou seja, os problemas apresentados não possuem as características de investigação de um problema no contexto da Modelagem Matemática, pois a EDO é fornecida pelos autores e não obtida pela análise do fenômeno. (BARROS, 2017, p. 101)

Após as análises feitas, a autora concluiu que as atividades propiciaram para os alunos “a possibilidade de discutir problemas extramatemáticos, uma participação ativa no processo de resolução, na qual o uso de diferentes registros de representação se faz necessário. [...] sobre a inclusão de problemas de Modelagem Matemática, nos cursos de Engenharia, muitos desses problemas são modelados por EDO. É importante que os engenheiros saibam lidar com as EDO nas suas diferentes representações, conseguindo analisar e interpretar suas soluções” (BARROS, 2017, p. 245). Por fim, a autora concluiu que as colaborações efetivas da metodologia aplicada aos alunos contribuíram para a aprendizagem das EDO.

Dessa forma, concluímos nosso mapeamento de pesquisas e estamos aptos a tecer algumas considerações, à guisa de conclusão da nossa pesquisa.

4. Considerações Finais

O objetivo do presente trabalho foi mapear pesquisas relacionadas à Modelagem Matemática no ensino e na aprendizagem de Equações Diferenciais, tomando como base o

Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES. Dessa forma, a partir de alguns critérios, chegamos a um conjunto de 7 dissertações e 3 teses, defendidas no período de 2004 a 2020, em programas conceituados de diversas universidades localizadas em, praticamente, todas as regiões brasileiras.

Uma primeira análise mostra que, de forma geral, as pesquisas mapeadas apresentam a Modelagem Matemática sob diversas concepções de pesquisadores brasileiros, com destaque para a concepção da Modelagem como a arte de transformar / resolver problemas do mundo real com ferramental matemático (BASSANEZI, 2002; BIEMBENGUT, HEIN, 2003), como uma metodologia de ensino de Matemática (ALMEIDA, BRITO, 2005; BURAK, 2010) e, ainda, como um ambiente de aprendizagem matemática de forma sociocrítica (BARBOSA, 2001; CALDEIRA, 2009).

Outra conclusão importante apontada por todas as pesquisas mapeadas, de forma direta ou indireta, é que a Modelagem Matemática contribui para um ensino de Equações Diferenciais diferente do tradicional, geralmente caracterizado como “receituário” de fórmulas para resolução dos diversos tipos e ordens de Equações Diferenciais e, com isso, contribui também para uma aprendizagem de seus conceitos e métodos de resolução de forma significativa, por meio de suas muitas aplicações na resolução e interpretação de problemas e contextos do mundo real.

Com base na motivação pessoal pela escolha da temática desse Trabalho de Conclusão de Curso apresentada inicialmente, conjuntamente com todo o estudo feito durante a escrita desse texto, podemos afirmar que houve uma identificação pessoal com alguns dos autores dos trabalhos mapeados, que apresentaram motivações e inquietações pessoais para a escolha das temáticas e das metodologias de pesquisa que optaram por seguir, pois é por meio da pesquisa e do estudo que podemos sempre tentar contribuir para um repensar sobre o ensino de Matemática, seja na Educação Básica ou no Ensino Superior.

Por fim, reafirmamos nosso interesse em realizar futuras pesquisas relacionadas à Modelagem Matemática no Ensino Superior de disciplinas de Matemática, tais como Cálculo Diferencial e Integral, Álgebra Linear e Sistemas Dinâmicos, aliando-se, no delineamento de tais pesquisas, outras metodologias de ensino da Educação Matemática, especialmente, as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação e as Metodologias Ativas no Ensino de Matemática.

Referências

ALMEIDA, L. M. W.; BRITO, D. S. O conceito de Função em situações de Modelagem. *Zetetiké*, v. 13, n. 23, p. 63-83, 2005.

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

ARAÚJO, S. A. **Utilizando a dimensão sociocrítica da modelagem matemática no ensino de equações diferenciais para o curso de licenciatura em matemática**. 2020. 198 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

BARBOSA, J. C. **Modelagem Matemática: concepções e experiências de futuros professores**, 2001. 253 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

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.

BASSANEZI, R.C. **Ensino–aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia**. São Paulo: Contexto, 2002.

BIEMBENGUT, M. S, HEIN, N. **Modelagem Matemática no Ensino**. São Paulo: Contexto, 2003.

BORSSOI, A. H. **A aprendizagem significativa em atividades de Modelagem Matemática como estratégia de ensino**. 2004. 140 f. Dissertação (Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

BRAGA, R. M. **Modelagem Matemática e tratamento do erro no processo de ensino-aprendizagem das Equações Diferenciais Ordinárias**. 2009. 180 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal do Pará, Belém.

BURAK, D. Modelagem Matemática sob um olhar de Educação Matemática e suas implicações para a construção do conhecimento matemático em sala de aula. **Revista de Modelagem na Educação Matemática**, v. 1, n. 1, p. 10-27, 2010.

BRAGA, R. M.; ESPÍRITO SANTO, A. O. “Novas” e “Velhas” Tecnologias: possibilidades de tratamento do erro matemático em processos de Modelagem Matemática. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, XI, 2013, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBEM, 2013.

CALDEIRA, A. D. Modelagem Matemática: um outro olhar. **Alexandria – Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 2, n. 2, p. 33-54, 2009.

DOMINGOS, R. M. C. **Resolução de Problemas e Modelagem Matemática: uma experiência na formação inicial de professores de Física e Matemática**. 2016. 193 f.

Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande.

FECCHIO, R. **A Modelagem Matemática e a Interdisciplinaridade na introdução do conceito de Equação Diferencial em cursos de Engenharia.** 2011. 209 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.

FERREIRA, V. D. T. **A Modelagem Matemática na introdução ao estudo de Equações Diferenciais em um curso de Engenharia.** 2010. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.

FIorentini, D.; GRANDO, R. C.; MISKULIN, R. G. S.; CRECCI, V. M.; LIMA, R. C. R.; COSTA, M. C. O professor que ensina matemática como campo de estudo: concepção do projeto de pesquisa. In: FIORENTINI, D.; PASSOS, C. L. B.; LIMA, R. C. R. (Orgs.). **Mapeamento da pesquisa acadêmica brasileira sobre o professor que ensina Matemática: período 2001 – 2012.** Campinas: FE / UNICAMP, 2016, p. 17-41.

JAVARONI, S. L. **Abordagem Geométrica: possibilidades para o ensino e aprendizagem de Introdução às Equações Diferenciais Ordinárias.** 2007. 231 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

LOPES, A. P. C. **Uma experiência de Modelagem Matemática no ensino remoto de Equações Diferenciais para cursos de Engenharia.** 2020. 221 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

LOPES, A. P. C.; REIS, F. S. Contributions of Mathematical Modelling for Learning Differential Equations in the Remote Teaching Context. **Acta Scientiae**, v. 24, n. 3, p. 184-215, 2022.

LOPES, A. P. C.; REIS, F. S. Teaching Modeling via Google Meet: a new perspective on Mathematics. **Zetetiké**, v. 32, n. 1, p. 1-32, 2024.

REIS, F. S. ARAÚJO, S. A. Perspectives for Mathematics Education in Higher Education from research on Modeling in Differential Equations teaching. **Caminhos da Educação Matemática em Revista**, v. 13, n. 1, p. 61-75, 2023.

ROSA, M.; REIS, F. S.; OREY, D. C. A Modelagem Matemática Crítica nos Cursos de Formação de Professores de Matemática. **Acta Scientiae**, v. 14, n. 2, p. 159-184, 2012.