

ALEXANDRIA

Revista de Educação em Ciência e Tecnologia

Panorama das Pesquisas Brasileiras em Modelagem Matemática no Ensino Superior pela Perspectiva da Educação Matemática Crítica

Overview of Brazilian Researches on Mathematical Modeling in Higher Education from the Perspective of Critical Mathematics Education

Aldo Peres Campos e Lopes^a; João Vitor Pena Pacheco^b

^a Instituto de Ciências Puras e Aplicadas, Universidade Federal de Itajubá, Itabira, Brasil – aldolopes@unifei.edu.br

^b Instituto de Ciências Tecnológicas, Universidade Federal de Itajubá, Itabira, Brasil – d2021004266@unifei.edu.br

Palavras-chave:

Educação matemática crítica. Ensino Superior. Modelagem matemática. Revisão bibliográfica. Revisão sistemática.

Resumo: A Modelagem Matemática tem sido utilizada em diferentes níveis de ensino e tem se mostrado uma ferramenta para o desenvolvimento e aprimoramento de habilidades. Neste trabalho, focamos na Modelagem Matemática pela ótica da Educação Matemática Crítica e analisamos, através de uma revisão bibliográfica de teses e dissertações, os trabalhos que adotaram a Modelagem Matemática sob o viés da Educação Matemática Crítica em um intervalo temporal de mais de 20 anos. Além de uma avaliação inicial dos dados, analisamos os objetivos, as perspectivas críticas e de Modelagem e as conclusões obtidas, buscando responder a pergunta motivadora desta revisão bibliográfica – o que as pesquisas de Modelagem Matemática pela ótica da Educação Matemática Crítica indicam a respeito do uso da Modelagem Matemática como metodologia de ensino no contexto do Ensino Superior e quais são os aspectos críticos relacionados? Os resultados mostram uma predominância de trabalhos no eixo sul-sudeste e a existência de poucas pesquisas de cunho misto ou quantitativo. Além disso, como os objetivos da maioria dos trabalhos analisados não foram os aspectos críticos, poucos adotaram uma fundamentação teórica crítica e uma metodologia que contribuem para a manifestação desses aspectos. Por fim, notamos que há uma carência de estudos empíricos sobre Modelagem Matemática, sinalizando que esta área carece de mais pesquisas e constitui um bom campo para futuros trabalhos.

Keywords:

Critical mathematics education. Higher education. Mathematical modeling. Literature review. Systematic review.

Abstract: Mathematical Modeling has been used at different levels of education and has proved itself an efficient tool in developing and improving skills. In this work, we focused on Mathematical Modeling from the perspective of Critical Mathematics Education, and we analyzed, through a literature review of theses and dissertations, the research that adopted Mathematical Modeling through the perspective of Critical Mathematics Education in the period covering more than 20 years. In addition to an initial analyzes of the data, we analyzed the objectives, the critical/modeling perspectives and the conclusions, in order to answer the question that motivated this literature review – what does Mathematical Modeling research from the perspective of Critical Mathematics Education indicate regarding the usage of Mathematical



Esta obra foi licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Modeling as a teaching methodology in the context of Higher Education, and what are the critical aspects related to it? The results show that there is more research in the south-southeast and few quantitative or mixed research. Furthermore, as the objectives of most of the analyzed works were not the critical aspects, few of them adopted a critical theoretical foundation and a methodology that contribute to these aspects. Finally, we noticed that empirical studies about Mathematical Modeling are lacking, signaling that this area needs more research and is a good field for future work.

Introdução

Segundo Gibbs e Park (2022), a matemática da sala de aula deve priorizar intencionalmente a crítica e a reflexão, por isso concordamos com esses autores sobre a necessidade de identificar e primar por práticas pedagógicas nessa direção. Assim, considerando que a Modelagem Matemática (MM) tem se mostrado uma boa estratégia de ensino e aprendizagem, acreditamos que existe a necessidade de identificar e favorecer as possibilidades que essa estratégia fornece para o desenvolvimento da criticidade.

Niss e Blum (2020) argumentam a favor da MM como metodologia motivadora e facilitadora da aprendizagem, pois ela estimula o desenvolvimento de várias habilidades como pensamento crítico e compreensão da função sociocultural da matemática. Algumas pesquisas salientam que ao debaterem um problema numa atividade de MM, estudantes podem ser auxiliados por seus pares a terem uma visão aprofundada e mais crítica da situação em estudo (STEPHAN *et al.*, 2021). Isto posto, defendemos a aplicação da MM no Ensino Superior, por suas características que favorecem a ação reflexiva do educando ao proporcionar oportunidades de aplicações práticas do conteúdo estudado e o desenvolvimento de habilidades sociais e críticas (NISS; BLUM, 2020). Além disso, entendemos que a Modelagem Matemática colabora para o entendimento dos papéis socioculturais da matemática (associada à outras áreas do conhecimento), pois tem sido utilizada para orientar ações e decisões dos governos.

A matemática tem sido utilizada pela mídia como ferramenta para legitimar discursos, e, para compreender tais discursos, o indivíduo necessita de uma literacia matemática¹. Como exemplo podemos considerar o contexto da pandemia da COVID19: a mídia se utilizou de termos matemáticos, representações gráficas e simulações para explicar a propagação do vírus e a necessidade de algumas ações – implementação de uma quarentena e o isolamento social, por exemplo. Situações como essa do exemplo possuem implicações políticas, sociais e econômicas e reforçam a importância de uma Educação Matemática que seja reflexiva e crítica (ENGELBRENCH *et al.*, 2020; STEPHAN *et al.*, 2021; SKOVSMOSE, 2021).

¹ Literacia matemática é um conceito que contém várias acepções na literatura (MARTINS; FERNANDES, 2021). Vamos adotar a concepção de Vieira (2009) de que a literacia matemática envolve a capacidade de compreensão do indivíduo em relação ao papel da matemática no mundo. Tal compreensão leva o sujeito a fazer juízos de valor de forma fundamentada, se envolvendo com a matemática de modo a utilizá-la em suas necessidades enquanto cidadão construtivo e reflexivo.

A Modelagem Matemática na Educação Matemática à nível nacional vem sendo desenvolvida progressivamente como “uma abordagem, uma estratégia, uma alternativa pedagógica, uma alternativa metodológica, um método e/ou uma metodologia de ensino de matemática para a aprendizagem dos sujeitos, o que implica na ampliação de investigações de naturezas teóricas, empíricas, históricas, documentais e bibliográficas” (SOARES *et al.*, 2021, p. 140). Há trabalhos que investigam a produção da MM nos diversos níveis de ensino: educação básica (JOLANDEK; KATO, 2021), ensino superior (LOPES, 2021) ou de todos os níveis simultaneamente (SOARES *et al.*, 2021; HERMANN *et al.*, 2020).

A Educação Matemática Crítica (EMC) nasceu de entrelaçamentos entre a Teoria Crítica, a Educação Crítica e a Educação Matemática e é uma perspectiva da Educação Matemática que questiona a educação pautada no ensino da matemática de forma mecânica, não pautada pela reflexão crítica e que abrange apenas os conteúdos curriculares. Assim, a EMC visa quebrar esse paradigma ao contribuir para um ensino que estimule à reflexão crítica, uma vez que as discussões em torno da aprendizagem e do ensino de matemática envolvendo o nível superior educacional indicam a necessidade de um ensino voltado não somente ao aprimoramento da habilidade que visam a solução de problemas matemáticos, mas também que envolvam outras competências que contribuam para adaptação do indivíduo a uma sociedade em constante mudança.

Estudos como os de Barbosa (2006), Araújo (2010), Veleda e Burak (2017) têm estimulado o uso das atividades de Modelagem Matemática pela perspectiva da EMC. Segundo Filho e colaboradores (2015), no Brasil a EMC passou a ser uma forte aliada da Modelagem Matemática. Percebemos que uma das características da EMC é apresentar a matemática como um campo suscetível a influência humana e que, por isso, pode e deve ser questionada e debatida (BORBA; SKOVSMOSE, 1997). Ao trabalhar a MM pela ótica da EMC em sala de aula, o professor estimula o estudante a pensar de forma crítica a respeito da produção matemática e suas implicações (SACHDEVA; EGGEN, 2021).

Embora existam trabalhos de revisão de literatura que analisam a produção científica envolvendo a EMC (FILHO *et al.*, 2015), não encontramos estudos recentes que tencionem investigar a produção do conhecimento envolvendo a MM sob a ótica da EMC no contexto do Ensino Superior. Assim, o levantamento bibliográfico que embasa este artigo foi construído no intuito de pesquisar, no campo da Educação Matemática, o uso da Modelagem Matemática no Ensino Superior tendo em vista a Educação Matemática Crítica. Nosso objetivo é responder à seguinte pergunta: o que as pesquisas de MM pela ótica da Educação Matemática Crítica indicam a respeito do uso da Modelagem Matemática como metodologia de ensino no contexto do Ensino Superior e quais são os aspectos críticos relacionados?

Aspectos teóricos

Um dos objetivos da educação superior é “estimular a criação cultural e o desenvolvimento do espírito científico e do pensamento reflexivo” (BRASIL, 1996). Acreditamos que um ensino em conformidade com essa diretriz – que auxilie o estudante em tomadas de decisões e colabore para o desenvolvimento de um cidadão crítico e participativo na sociedade – é possível ao estar em consonância com o que é idealizado pela Educação Matemática Crítica. Considerando que a criticidade implica na apropriação crescente pelo homem de sua posição no contexto social (FREIRE, 2014), entendemos que a criticidade implica na inserção do sujeito, na sua integração e no reconhecimento e representação do seu papel em sociedade. A Educação Matemática voltada para a formação de um sujeito crítico visa “colocar a matemática como algo primordial para o desenvolvimento desta criticidade dos alunos” (OLIVEIRA; SILVA, 2019, p. 25).

Visando a Educação Matemática Crítica, Skovsmose (2000) defende que o ambiente de ensino favoreça a investigação (cenário de investigação), propiciando-a e potencializando-a. Nesse cenário, a aprendizagem é aprimorada pela interação dialógica entre professores e estudantes, e os alunos são convidados a fazer perguntas e buscar explicações. O professor age como mediador e elabora questões para estimular a reflexão dos alunos, não se colocando na posição de detentor do conhecimento, possuidor de todas as respostas e argumentos definitivos. Além disso, ele possui sensibilidade para apreciar a originalidade e a diversidade na elaboração de hipóteses e proposições de soluções por parte dos alunos para os problemas matemáticos. Assim, espera-se que o professor esteja preparado para enfrentar o desafio de conduzir uma atividade que não possua apenas um método de resolução, questionando a irrefutabilidade do raciocínio matemático.

Skovsmose (2000) e Barbosa (2006) salientam três tipos de discussões no decorrer da produção de um modelo:

- Discussões matemáticas: abrangem o uso de conceitos e algoritmos matemáticos;
- Discussões técnicas: referem-se a possibilidade de adequação da situação-problema em estudo;
- Discussões reflexivas: relacionadas tanto à natureza do modelo quanto aos critérios utilizados em sua construção e às implicações sociais do que foi produzido.

Pormenorizando, as discussões reflexivas são debates em torno de uma questão social que pode ser resolvida por meio da matemática ou da Modelagem Matemática. Tais discussões podem colaborar para uma compreensão crítica da sociedade, pois abrangem debates a respeito dos critérios para escolhas prévias (como é o caso das variáveis que são

incluídas e excluídas) e discussões a respeito da natureza e do papel de Modelos Matemáticos na sociedade.

As discussões reflexivas podem levar às reflexões críticas variadas, e o estímulo a tais discussões auxilia os estudantes a desenvolver criticidade para a produção dos modelos e suas possíveis implicações (BARBOSA, 2006). O uso de situações-problemas de interesse social, por exemplo, pode oportunizar debates a respeito da economia, meio-ambiente e política. (ARAÚJO, 2009). Visando a discussão reflexiva, é importante descrever, analisar e interpretar fenômenos com a finalidade de favorecer a reflexão e criticidade, indo além da resolução matemática. Assim, a prática voltava para a reflexão e criticidade objetiva levar os estudantes a perceber que a produção de um modelo não é um afazer neutro, sem conexão com a realidade. Considerando que a Educação Matemática Crítica defende o uso da matemática como ferramenta para discussões de caráter social, entendemos que as atividades de MM podem atuar como estratégia para estimular tais discussões e reflexões (LOPES, 2023). Nesse contexto, a MM torna possível a investigação e a descrição de situações-problema, além da geração do conhecimento.

O emprego de uma perspectiva crítica na Modelagem Matemática possibilita averiguar as maneiras pelas quais os estudantes usam e encaram a matemática para solucionar problemas cotidianos. Através da compreensão desse processo, é possível colaborar para o desenvolvimento de cidadãos críticos e ativos em um mundo regulado matematicamente, como salientado por Skovsmose (2021). A revisão feita por Sousa *et al.* (2021, p. 1010) menciona que “[alguns diálogos] merecem um olhar atento” e destaca a “importância da prática do diálogo no ensino de matemática para proporcionar ambientes críticos e democráticos”. Assim, a perspectiva crítica na Modelagem Matemática está diretamente relacionada a uma formação que preza a compreensão, atuação e transformação da sociedade.

Atualmente, o interesse pela MM está bastante difundido na literatura, podendo ser percebido pela quantidade de publicações na área, bem como pela sua inserção em programas de pós-graduação e em disciplinas na graduação, dando origem a eventos regionais, nacionais e internacionais (SANTOS *et al.*, 2018).

Existem diversas concepções para a MM. Bassanezi (2002) defende que o uso da MM consiste, essencialmente, na arte de transformar situações da realidade em problemas matemáticos cujas soluções devem ser interpretadas na linguagem usual, ajudando os modeladores a tomar decisões e fazer previsões. Ele se mostra favorável ao uso da MM como uma estratégia de ensino e aprendizagem, pois, para esse autor, a Matemática do programa curricular surge à medida que o problema estabelecido vai sendo resolvido: os alunos se reúnem em grupos, escolhem temas de interesse para serem estudados por meio da Matemática e o professor orienta a condução dessa atividade.

Segundo Almeida e Brito (2005, p. 487), a MM constitui “uma alternativa pedagógica na qual fazemos uma abordagem, por meio da Matemática, de uma situação-problema”. Esses autores têm mostrado a viabilidade de trabalhar com tarefas de MM em cursos regulares em diferentes níveis de ensino. Inicialmente, o professor estabelece um problema e o apresenta a todos os alunos. Em seguida, situações decorrentes desse problema são estudadas por meio da dedução, análise e utilização de um modelo produzido. As hipóteses e a investigação do problema são feitas por alunos e professor juntos. Dessa forma, nesse primeiro contato com a Modelagem Matemática, a produção de um modelo é conduzida pelo professor, mas com a participação dos alunos (ALMEIDA; BRITO, 2005). Posteriormente, para a produção de um segundo modelo, os alunos são divididos em grupos e escolhem um tema de interesse para produzir um modelo de forma mais independente, tendo o professor como orientador.

Para Biembengut (1999, p. 20) a modelagem é “um processo que envolve a produção de um modelo”, e produzir um modelo é uma forma de conectar a matemática com a realidade. Assim, a produção de um modelo se torna uma oportunidade para estudar aplicações matemáticas e não para auxiliar na compreensão de um conteúdo matemático. Ela propõe o desenvolvimento da Modelagem Matemática em três etapas: a) iteração (abrange reconhecer um problema e familiarizar-se com ele); b) matematização (tradução do problema para a linguagem matemática seguida de sua resolução); c) Modelo Matemático (interpretação e validação do que foi produzido).

Por outro lado, algumas concepções de MM dão ênfase às ideais da EMC, como é o caso da sociocrítica. A fundamentação da Modelagem sociocrítica está no campo da pedagogia crítica e é desenvolvida por pesquisadores nesse campo pedagógico, como Ole Skovsmose. Dois objetivos são destacados nessa concepção de Modelagem: (1) criticar o que se aprende para auxiliar na obtenção do conhecimento e (2) perceber a influência da matemática no processo de tomada de decisões na sociedade, pois a matemática pode ocupar uma posição de poder, e decisões podem ocultar interesses particulares e se valer de argumentos matemáticos para justificá-las. Pormenorizando, Araújo (2009) afirma que a análise, a construção e a crítica aos modelos auxiliam na compreensão da matemática como uma ciência que nem sempre é neutra, pois ela pode ser utilizada em discursos políticos, ocultar reais intenções ou servir de ferramenta para manipular situações (ENGELBRENCH *et al.*, 2020; SKOVSMOSE, 2021; STEPHAN *et al.*, 2021). Dessa forma, a crítica deve ser direcionada à posição assumida pela Matemática, à sua utilização por empresas e governos e até mesmo à posição assumida por instituições de ensino.

Assumir a perspectiva sociocrítica em atividades de Modelagem Matemática significa ir além do conteúdo matemático – seja algébrico ou gráfico – para refletir a respeito do papel social que a matemática pode ocupar e ponderar a respeito das implicações do modelo

produzido – que podem incluir desigualdades sociais e econômicas. Nessa perspectiva, a Modelagem Matemática passa a ser concebida como “um ambiente de aprendizagem” (BARBOSA, 2004, p. 3) no qual os estudantes investigam um problema da realidade por meio da matemática, podendo incluir situações de outras áreas do conhecimento. Em suma, o cerne dos estudos nessa perspectiva é a utilização da matemática a fim de compreender de forma crítica a sociedade (ABASSIAN *et al.*, 2020).

Metodologia

Com o intuito de atingir os objetivos desta pesquisa, efetuamos uma investigação de cunho qualitativo, de natureza descritiva e analítica e com características de uma investigação qualificada estado da arte (FERREIRA, 2002; SEVERINO, 2007) para apresentar um panorama de alguns trabalhos científicos sobre o uso da Modelagem Matemática no ensino superior pela ótica da EMC.

Este panorama se propõe a apresentar uma visão geral de como são os estudos (teses e dissertações) relativos à temática escolhida em um período delimitado. Para isso, seguiremos as etapas sugeridas por Mendes e Pereira (2020): I – Objetivo e pergunta; II – Busca dos trabalhos; III – Seleção dos estudos; IV – Análise das produções; e V – Apresentação da revisão sistemática. Apresentamos a seguir a condução das etapas II e III.

Inicialmente, procuramos estudos disponibilizados no banco de dados virtual de teses e dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)², O intuito foi coletar um número significativo de trabalhos para que pudéssemos avaliar o conteúdo das teses e dissertações, buscando compreender como elas discutem a criticidade relacionada às atividades de MM no Ensino Superior. Para isso, no campo de busca da plataforma CAPES inserimos os seguintes descritores: “Educação Matemática Crítica” AND “Modelagem Matemática”. Utilizamos as seguintes variações dos descritores iniciais: “Modelação” AND “Educação Matemática Crítica”, “Modelagem” AND “Educação Matemática Crítica” AND “Modelagem Matemática” AND “Educação Crítica”. Essas combinações de descritores não nos forneceram dissertações/teses diferentes. No final dessas buscas, 716 resultados foram produzidos. Após filtragem pelo campo “área de avaliação” (no qual selecionamos “Educação”, “Ensino”, “Educação de Adultos” e “Ensino de Ciências e Matemática”), obtivemos 108 resultados (entre os anos 2000 e 2020), que passaram por nosso novo acervo de seleção.

A terceira etapa foi a subdivisão dos 108 trabalhos conforme os níveis de educação. Assim, separamos 37 textos de pesquisas relacionadas ao ensino superior. Após uma averiguação, excluimos os trabalhos que não atendiam aos pré-requisitos da nossa pesquisa,

² Disponível em: <http://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses> (acesso em 25 mar. 2023).

restando 28 trabalhos para a realização das análises. Os 9 trabalhos excluídos apenas citavam os termos digitados na busca, mas não focavam de fato na Modelagem Matemática e/ou nos aspectos críticos relacionados. Além disso, um desses aplicou a Modelagem (não a MM) na disciplina de Química Inorgânica.

Na tabela 1 sintetizamos os critérios de inclusão e exclusão utilizados para a seleção dos estudos.

Tabela 1 – Critérios de inclusão e exclusão para seleção dos trabalhos

Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
A pesquisa deve ser da área da Educação Matemática	A pesquisa não é da área de Educação Matemática.
A pesquisa deve possuir relação com a Modelagem Matemática	A pesquisa não envolve Modelagem Matemática.
A pesquisa deve abordar alguma perspectiva crítica, seja antes ou após atividades de Modelagem Matemática	A pesquisa não aborda perspectiva crítica, seja na parte teórica ou em uma observação ulterior às atividades de Modelagem Matemática
A pesquisa deve envolver o ensino superior	A pesquisa não abrange o ensino superior

Fonte: dados da pesquisa

Optamos por fazer uma separação inicial entre ano de publicação, autor e instituição de ensino dos trabalhos selecionados. Segundo Cavalcanti (2015), questionamentos envolvendo quantos/quem/onde indicam um estudo exploratório horizontal que, pormenorizando, é uma análise da superfície (ou planície) das obras em estudo que inclui verificar quais são as instituições dos programas de pós-graduação em que foram produzidas as dissertações e teses. Já a análise vertical vai além da horizontal, pois é uma análise profunda que pode incluir a investigação das perspectivas teóricas dos trabalhos analisados, os objetivos estabelecidos e conclusões obtidas. Abrange também identificar tendências e o estado atual e projetar perspectivas de pesquisas futuras (CAVALCANTI, 2015). Assim, optamos por adotar um mapeamento vertical de caráter exploratório-analítico em nossas análises.

Para prosseguir para as etapas IV e V (análise dos dados e apresentação dos resultados), utilizamos perguntas auxiliares visando teses/dissertações no contexto do ensino superior que tratavam a Modelagem Matemática na ótica da Educação Matemática Crítica:

- Quais são os objetivos que cada pesquisa estabeleceu?
- Quais são as abordagens de Modelagem Matemática adotadas?
- Quais são as fundamentações teóricas críticas adotadas?
- Quais são as conclusões obtidas – para a Modelagem Matemática e para a criticidade?

Antes de passarmos para esses pontos, iniciaremos com uma pré-análise dos dados.

Pré-análise dos dados

Identificamos que todas as pesquisas eram qualitativas. A predominância dos trabalhos de cunho qualitativo se dá pelo estilo de abordagem das pesquisas do campo da Educação Matemática. A revisão sistemática de Silveira (2007) também aponta essa predominância, assim como outros trabalhos mais recentes (LOPES, 2021; SANTOS et al., 2018; SOARES *et al.*, 2021).

A maioria dos trabalhos (24) são das regiões Sul e Sudeste (cerca de 83%). As regiões Nordeste e Norte aparecem com um trabalho em cada e a região Centro-Oeste não apresenta nenhum trabalho. Assim, os trabalhos se concentraram no eixo Sul-Sudeste, mesmo que alguns estados dessas regiões (como o Espírito Santo e Rio de Janeiro) não tenham aparecido.

Em relação aos estados, observamos que quase metade dos trabalhos (45% ou 13 trabalhos) pertencem aos estados de São Paulo e Paraná juntos. Os outros eram dos seguintes estados: Bahia e Paraíba com um trabalho em cada, Rio Grande do Sul e Santa Catarina com dois, Pará com três e Minas Gerais com sete.

Percebemos um número maior de dissertações de mestrado (19) em comparação com teses de doutorado (9). Dentre as dissertações, seis são de programas de mestrado profissional, sendo que a maioria (5) é originária da Universidade Federal de Ouro Preto.

Na Tabela 2 sintetizamos alguns dados contendo a cidade/estado, o tipo (M – Mestrado, MP – Mestrado Profissional e D – Doutorado), o(a) orientador(a) e a instituição em que foi conduzida a pesquisa. Todos os orientadores e orientadoras possuem o título de doutorado. As informações completas dos trabalhos se encontram na sessão Referências dos trabalhos analisados.

Tabela 2 – Dados dos trabalhos selecionados

Autor/ano	Cidade-Estado	Tipo	Orientador(a)/Instituição
Abib (2016)	Pelotas – RS	MP	Adriane Maria Delgado Menezes, Instituto Federal Sul-Rio-Grandense (IFSul)
Araújo (2002)	Rio Claro – SP	D	Marcelo de Carvalho Borba, Universidade Estadual Paulista (UNESP)
Bellei (2018)	Foz do Iguaçu – PR	M	Tiago Emanuel Klüber, Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)
Braz (2014)	Maringá – PR	M	Lilian Akemi Kato, Universidade Estadual de Maringá (UEM)
Braz (2017)	Maringá – PR	D	Lilian Akemi Kato, Universidade Estadual de Maringá (UEM)
Bueno (2011)	Ouro Preto – MG	MP	Dale William Bean, Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP)
Cararo (2017)	Cascavel – PR	M	Tiago Emanuel Klüber, Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)
Domingos (2016)	Campina Grande – PB	M	Roger Ruben Huaman Huanca, Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)
Ferreira (2019)	São Paulo – SP	D	Cileda de Queiroz e Silva Coutinho, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP)
Freitas (2016)	Ouro Preto – MG	MP	Daniel Clark Orey, Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP)
Goulart (2015)	Lajeado – RS	MP	Silvana Neumann Martins, Centro Universitário UNIVATES
Herminio (2009)	Rio Claro – SP	M	Marcelo de Carvalho Borba, Universidade Estadual Paulista (UNESP)
Jacobini (2004)	Rio Claro – SP	D	Maria Lúcia Lorenzetti Wodewotzki, Universidade Estadual Paulista (UNESP)
Klüber (2012)	Florianópolis – SC	D	Ademir Donizeti Caldeira, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Klüber (2007)	Ponta Grossa – PR	M	Dionísio Burak, Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)
Lozada (2013)	São Paulo – SP	D	Ubiratan D'Ambrósio, Universidade de São Paulo (USP)
Luna (2012)	Salvador – BA	D	Jonei Cerqueira Barbosa, Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Machado (2010)	Florianópolis – SC	M	Ademir Donizeti Caldeira, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Malheiros (2004)	Rio Claro – SP	M	Marcelo de Carvalho Borba, Universidade Estadual Paulista (UNESP)
Martins (2017)	Belo Horizonte – MG	M	Jussara de Loiola Araújo, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Melillo (2011)	Ouro Preto – MG	MP	Dale William Bean, Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP)
Melillo (2017)	Belo Horizonte – MG	D	Jussara de Loiola Araújo, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Rangel (2011)	Ouro Preto – MG	MP	Frederico da Silva Reis, Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP)
Rosa (2013)	Maringá – PR	D	Lilian Akemi Kato, Universidade Estadual de Maringá (UEM)
Silva (2011)	Belém – PA	M	Renato Borges Guerra, Universidade Federal do Pará (UFPA)
Silva (2013)	Londrina – PR	M	Lourdes Maria Werle de Almeida, Universidade Estadual de Londrina (UEL)
Silveira (2007)	Curitiba – PR	M	Ademir Donizeti Caldeira, Universidade Federal do Paraná (UFPR)
Vidigal (2013)	Ouro Preto – MG	MP	Dale William Bean, Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP)

Fonte: dados da pesquisa

Notamos que algumas instituições aparecem mais de uma vez: A Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) possui cinco dissertações de mestrado profissional; a Universidade Estadual Paulista (UNESP) possui quatro trabalhos (duas teses e duas dissertações); a Universidade Estadual de Maringá (UEM) possui três trabalhos (uma tese e duas dissertações); a Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) possui duas dissertações; e tanto a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) quanto a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) possuem dois trabalhos, sendo uma tese e uma dissertação. As demais instituições apresentaram apenas uma obra.

Também notamos que alguns nomes de orientadores se repetem: três das cinco dissertações da UFOP foram orientadas pelo prof. Dr. Dale W. Bean; o prof. Dr. Marcelo C. Borba, da UNESP, orientou três dos quatro trabalhos (sendo uma tese e duas dissertações); a professora Dra. Lilian A. Kato aparece três vezes (orientando uma tese e duas dissertações); a professora Dra. Jussara L. Araújo também aparece três vezes, sendo duas vezes como orientadora (de uma dissertação e de uma tese) e uma vez como autora da própria tese; o prof. Dr. Ademir D. Caldeira aparece três vezes, sendo orientador de dois trabalhos (uma dissertação e uma tese) na UFSC e outro (uma dissertação) na UFPR; por fim, o prof. Dr. Tiago Emanuel Klüber orientou duas dissertações na UNIOESTE. A presença mais frequente de alguns autores não nos surpreende, pois eles são reconhecidos pesquisadores da MM e/ou da EMC. O prof. Marcelo de Carvalho Borba (UNESP), por exemplo, trabalha junto com Ole Skovsmose e tem produzido livros e artigos na área da EMC. Na UFMG, a prof. Jussara de Loliola Araújo, que foi orientanda de Marcelo Borba, também é pesquisadora da EMC.

É importante destacar que alguns desses autores realizaram uma revisão sistemática da literatura. Esse foi o caso de Bueno (2011), Klüber (2007, 2012), Luna (2012), Malheiros (2004) e Silveira (2007). Malheiros (2004) analisou modelos produzidos por alunos do curso de Biologia na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral em um intervalo de 10 anos. Silveira (2007) analisou teses e dissertações, e Bueno (2011) se dedicou à pesquisas empíricas sobre MM publicadas em periódicos brasileiros. Por sua vez, Klüber (2007, 2012) optou por investigar artigos e livros de autores reconhecidos na área de MM. Já a tese de Luna (2012) foi mista, contendo análise de textos relacionados à formação continuada e investigação empírica, tendo como base professores da Educação Básica.

Ademais, podemos afirmar que a maioria das obras analisadas possuíram sujeitos. Os sujeitos envolvidos foram professores de Física (DOMINGOS, 2016), de Biologia (HERMINIO, 2009), de Geografia (VIDIGAL, 2013) e de Matemática (BRAZ, 2014; BRAZ, 2017; DOMINGOS, 2016; FERREIRA, 2019; FREITAS, 2016; JACOBINI, 2004; MARTINS, 2017; MELILLO, 2011; RANGEL, 2011, SILVA, 2011, SILVA, 2013). Em outros trabalhos, os sujeitos envolvidos foram professores do Ensino Básico em formação

continuada (ABIB, 2016; BELLEI, 2018; CARARO, 2017; GOULART, 2015; LUNA, 2012; MACHADO, 2010; ROSA, 2013), alunos de um curso profissionalizante (MELILLO, 2017), alunos de um curso superior de tecnologia em processos químicos (SILVA, 2013) e engenharias, sendo que as engenharias envolvidas foram: engenharia química (ARAÚJO, 2002), engenharia da computação (JACOBINI, 2004), engenharia ambiental (LOZADA, 2013) e engenharia civil (SILVA, 2013).

Após uma análise inicial, prosseguimos com a leitura integrativa das obras. Determinamos quatro atributos de análise estabelecidos previamente: (1) objetivos almejados, (2) abordagens de Modelagem Matemática adotadas, (3) fundamentação teórica crítica adotada e (4) conclusões obtidas. Ressaltamos que muitos trabalhos tiveram mais de um objetivo e, naturalmente, empregaram mais de uma perspectiva teórica, produzindo conclusões sobre diversos aspectos. Por conseguinte, alguns trabalhos estarão em mais de uma categoria.

Resultados

Objetivos almejados

Percebemos que o foco da maioria das pesquisas é a prática pedagógica na sala de aula. Decidimos agrupar os objetivos das pesquisas em quatro categorias, sendo que, para efetuar esse agrupamento, realizamos uma leitura dos objetivos de cada uma das obras em análise e associamos aquelas com objetivos semelhantes. Esse procedimento também foi feito para os outros atributos em análise. Salientamos que algumas dessas pesquisas focaram na formação de professores e realizaram práticas pedagógicas relativas à Modelagem Matemática em sala de aula, mas tais práticas não foram o foco das pesquisas. Além disso, alguns desses trabalhos tiveram mais de um objetivo, o que nos levou a incluí-los em mais de uma categoria. As quatro categorias foram:

1. Uso da Modelagem Matemática como uma alternativa/estratégia pedagógica.
2. Investigação do uso de recursos tecnológicos na Modelagem Matemática.
3. Análise das discussões presentes nas atividades de Modelagem Matemática.
4. Desenvolvimento de competências e habilidades nas atividades de Modelagem Matemática.

Na figura 1 sintetizamos os objetivos das obras em análise.

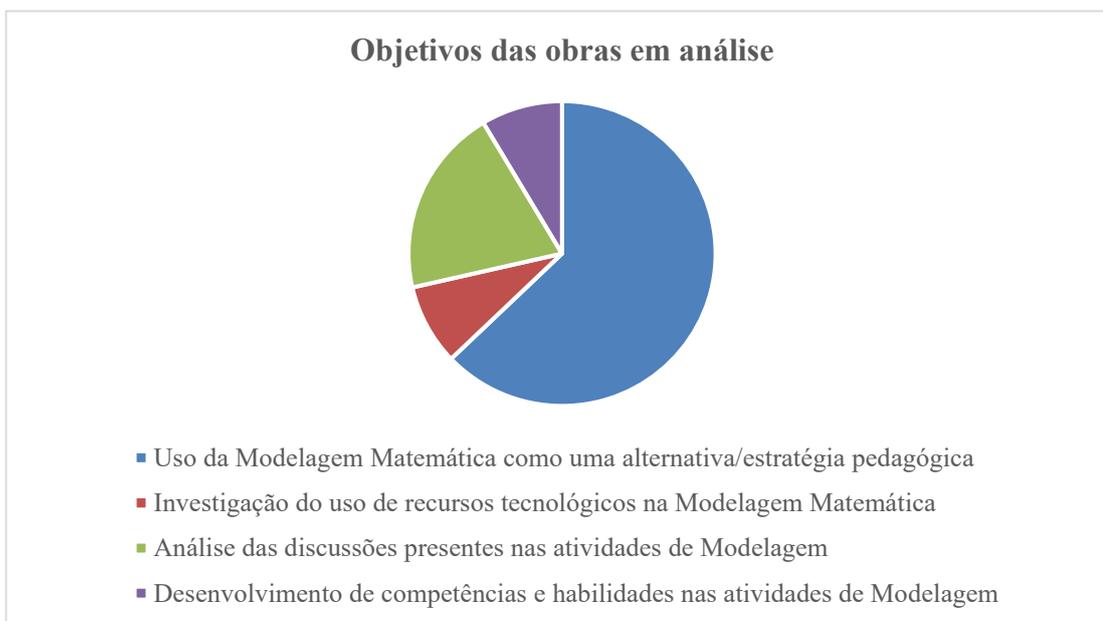


Figura 1 – Síntese dos objetivos das obras em análise

Fonte: dados da pesquisa

Para o primeiro item, agrupamos 20 trabalhos, como pode ser verificado na tabela 3. Tais obras adotaram a abordagem de Modelagem Matemática que aproxima o aluno do mundo real a fim de motivar e promover a fixação de conteúdo, levando-o a criar maneiras de construir o próprio conhecimento. Esses autores utilizaram diferentes teorias da aprendizagem, associadas, muitas vezes, a outras teorias, como a Teoria da Flexibilidade Cognitiva e Teoria Triárquica da Inteligência de Sternberg (LOZADA, 2013) e a Teoria Social da Aprendizagem (BRAZ, 2014).

Tabela 3 – Agrupamento por objetivos de pesquisa dos trabalhos analisados

Objetivos de Pesquisa	Trabalhos
1. Uso da Modelagem Matemática como uma alternativa/estratégia pedagógica.	ABIB, 2016; BELLEI, 2018; BRAZ, 2014; BRAZ 2017; BUENO, 2011; CARARO, 2017; FERREIRA, 2019; GOULART, 2015; HERMINIO, 2009; KLÜBER 2007; KLÜBER, 2012; LOZADA, 2013; LUNA, 2012; MACHADO, 2010; MALHEIROS, 2004; MARTINS, 2017; MELILLO, 2017; RANGEL, 2011; ROSA, 2013; SILVA, 2011; SILVA, 2013; SILVEIRA, 2007
2. Investigação do uso de recursos tecnológicos na Modelagem Matemática	ARAÚJO, 2002; CARARO, 2017; FREITAS, 2016
3. Análise das discussões presentes nas atividades de Modelagem Matemática	ARAÚJO, 2002; FREITAS, 2016; JACOBINI, 2004; MELILLO, 2011; MELILLO, 2017; ROSA, 2013; VIDIGAL, 2013
4. Desenvolvimento de competências e habilidades nas atividades de Modelagem Matemática	DOMINGOS, 2016; LOZADA, 2013; VIDIGAL, 2013

Fonte: dados da pesquisa

Pormenorizando, incluímos nesse primeiro item as seguintes dissertações: de Bellei (2018), que tinha como objetivo averiguar estratégias utilizadas pela gestão escolar em prol da utilização da MM como uma possível metodologia em sala de aula; a de Herminio (2009),

que tinha como objetivo averiguar as variáveis envolvidas no processo de escolha de temas para projetos de MM; a de Silva (2013), que buscava identificar e caracterizar elementos de matematização durante o desenvolvimento de MM no âmbito da Educação Matemática Realística; a de Malheiros (2004), que buscava analisar como os alunos utilizam de conhecimentos matemáticos quando a MM é utilizada num curso de cálculo; a de Bueno (2011), que foca em compreender algumas concepções de MM e suas contribuições para a prática pedagógica; as de Abib (2016), Cararo (2017) e Machado (2010), que investigam as percepções de professoras do ensino fundamental e as implicações do uso da MM para a prática pedagógica; a de Silveira (2007), que analisa como os professores percebem a MM no campo da Educação Matemática; a de Martins (2017), que objetiva investigar as percepções de alunos quanto à MM; as de Abib (2016), Braz (2014, 2017), Luna (2012), Martins (2017), Rangel (2011), Rosa (2013) e Goulart (2015), que analisam as contribuições do uso de atividades (ou projetos) de MM para a formação (inicial e continuada) de professores de matemática; a de Silva (2011), que reflete sobre as implicações do uso da MM para a formação de professores; a de Klüber (2007), que objetiva identificar os aspectos filosóficos e epistemológicos da MM no âmbito da Educação Matemática; e, por fim, outra de Klüber (2012), na qual ele aprofunda o questionamento de sua dissertação ao investigar o que é a Modelagem na Educação Matemática, tendo como base autores reconhecidos nacionalmente.

As três pesquisas agrupadas no segundo item (veja tabela 3) usaram a tecnologia como uma ferramenta necessária e/ou indispensável no processo de ensino-aprendizagem de um conteúdo matemático por meio da MM. Freitas (2016) investigou como um ambiente virtual de aprendizagem pode contribuir para o desenvolvimento da reflexão crítica. Segundo ela, os mecanismos de aprendizagem podem ser alterados, passando a ser realizados por meio da *internet*. Uma das atividades formuladas por Cararo (2017) previa o uso do *software* Excel, mas devido às dificuldades de alguns alunos, uma breve oficina foi realizada a fim de auxiliar os envolvidos. Por outro lado, alguns trabalhos não tiveram como objetivo investigar o uso de recursos tecnológicos, apesar de usar alguns na condução das atividades de Modelagem Matemática, como foi o caso dos trabalhos de Braz (2017), Domingos (2016), Jacobini (2004), Martins (2017) e Melillo (2011).

No terceiro item, incluímos sete trabalhos (veja tabela 3). A tese de Jacobini (2004, p. 14) analisou as “possibilidades de crescimento político” por meio da MM, sendo que, para isso, ele desenvolveu projetos de MM com alunos de graduação envolvendo eleições presidenciais, a discussão do orçamento participativo de uma cidade e tributação no imposto de renda. Vidigal (2013) deixou explícito a intenção de analisar como a MM pode auxiliar no desenvolvimento da criticidade e criatividade dos alunos. Araújo (2002) analisou as discussões dos alunos ao produzir modelos com auxílio da informática nas disciplinas de

Cálculo Diferencial e Integral I. Rosa (2013) investigou como a aplicação da MM pode auxiliar na reflexão do professor. Melillo (2011, 2017), tanto em sua dissertação quanto em sua tese, investigou as discussões críticas de alunos, sendo que, em seu trabalho de 2017, ele analisou o papel de um ambiente de MM como fomentador de discussões democráticas no ensino profissionalizante.

No quarto item, incluímos a tese de Lozada (2013) e as dissertações de Domingos (2016) e Vidigal (2013). Conforme indicado por Lozada (2013), foram diversos os objetivos estabelecidos e desenvolvidos em sua pesquisa, mas um dos pontos centrais envolveu o desenvolvimento de habilidades como a criatividade e flexibilidade cognitiva. Domingos (2016), por sua vez, estudou o desenvolvimento de habilidades e a manifestação de atitudes no emprego de MM em um curso de extensão de Equações Diferenciais Ordinárias. Por fim, Vidigal (2013) investigou a contribuição da MM para o desenvolvimento da criatividade.

Abordagens de Modelagem Matemáticas adotadas

Os trabalhos analisados muitas vezes relacionam outras teorias à Modelagem Matemática. Considerando que o foco de interesse desta revisão é a MM, para um melhor entendimento, efetuamos uma leitura da parte teórica dos trabalhos e da parte empírica e agrupamos as abordagens de Modelagem Matemática dos trabalhos em três:

1. Alternativa pedagógica e/ou estratégia de ensino e aprendizagem.
2. Abordagem social/crítica da Modelagem Matemática.
3. Não adota uma abordagem específica de Modelagem Matemática.

A utilização da MM como uma alternativa pedagógica ou estratégia de ensino visa desenvolver habilidades a fim de modelar um problema do mundo real. A atividade de Modelagem, ou ciclo de Modelagem, possui várias etapas e começa com uma discussão de um problema real que é matematizado e, posteriormente, discutido e interpretado.

Na figura 2 ilustramos em um gráfico as abordagens de Modelagem Matemática adotadas.

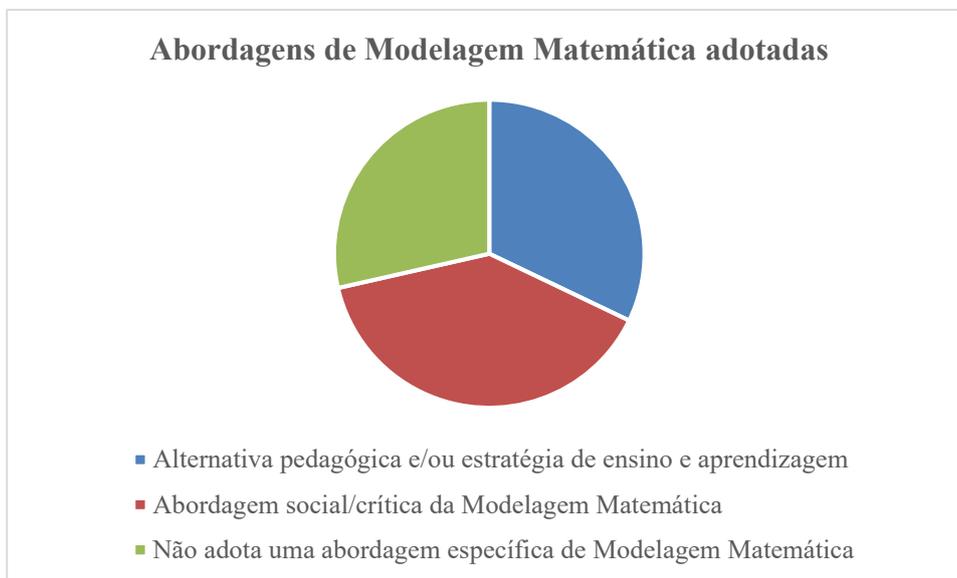


Figura 2 – Abordagens de Modelagem Matemática adotadas nos trabalhos analisados

Fonte: dados da pesquisa

Na primeira categoria incluímos 10 trabalhos, conforme tabela 4. Destacamos que em três desses trabalhos (CARARO, 2017; FERREIRA, 2019; SILVA, 2011) não estava explícita qual abordagem havia sido adotada. Somente após a leitura da fundamentação teórica e, principalmente, da parte metodológica conseguimos saber qual abordagem havia sido adotada. Os motivos para o uso da MM variaram entre ser uma boa alternativa metodológica e uma oportunidade de apresentar aplicações da matemática em um contexto real.

Alguns trabalhos especificaram os autores das abordagens de MM adotadas, conforme segue: três trabalhos (FERREIRA, 2019; RANGEL, 2011; SILVA, 2011) seguiram a concepção de MM de Rodney C. Bassanezi; um trabalho (ABIB, 2016) adotou a concepção de MM segundo Maria S. Biembengut; dois (ROSA, 2013; SILVA, 2013) adotaram a de Lourdes de Almeida; um outro (BRAZ, 2014) se apoiou nas ideias de Jonei C. Barbosa para um ambiente de ensino e aprendizado; e três trabalhos (CARARO, 2017; GOULART, 2015; MALHEIROS, 2004) não citaram os autores da concepção de MM adotada, pois se propuseram a discutir concepções diferentes para depois explicitarem a concepção adotado nas tarefas desenvolvidas. Cararo (2017, p. 70), por exemplo, mencionou: “assumimos uma concepção de Modelagem Matemática, a qual (...) está mais próxima das concepções da Educação Matemática (...) levando em consideração os interesses dos alunos e buscando superar os problemas de aprendizagem por meio de uma forma mais dinâmica de ensino”. Goulart (2015, p. 43), por sua vez, disse: “entendo e adoto a Modelagem Matemática como sendo uma alternativa metodológica ao ensino de Matemática”. Por fim, Malheiros (2004, p. 55) discutiu várias abordagens de Modelagem Matemática e concluiu: “me fizeram entender e visualizar a MM como uma estratégia pedagógica, onde os alunos, a partir de um tema ou problema de interesse deles, utilizam conteúdos matemáticos para investigá-lo ou resolvê-lo,

tendo o professor como um orientador durante todo o processo”.

Tabela 4 – Agrupamento por abordagens de Modelagem dos trabalhos analisados

Abordagem de MM adotada	Trabalhos
1. Alternativa pedagógica e/ou estratégia de ensino e aprendizagem	ABIB, 2016; BRAZ, 2014; CARARO, 2017; FERREIRA, 2019; GOULART, 2015; MALHEIROS, 2004; RANGEL, 2011; ROSA, 2013; SILVA, 2011; SILVA, 2013
2. Abordagem social/crítica da Modelagem Matemática	ARAÚJO, 2002; DOMINGOS, 2016; FREITAS, 2016; JACOBINI, 2004; LOZADA, 2013; LUNA, 2012; MACHADO, 2010; MELILLO, 2011; MELILLO, 2017; VIDIGAL, 2013
3. Não adota uma abordagem específica de Modelagem Matemática	BELLEI, 2018; BRAZ, 2017; BUENO, 2011; KLÜBER, 2007; KLÜBER, 2012; HERMINIO, 2009; MARTINS, 2017; SILVEIRA, 2007

Fonte: dados da pesquisa

Na segunda categoria, incluímos 10 trabalhos (veja tabela 4), sendo que três deles (MELILLO, 2011; MACHADO, 2010; VIDIGAL, 2013) adotaram uma abordagem social. Esses trabalhos não adotaram uma abordagem de MM atrelada a uma visão crítica, mas sim a aspectos sociais envolvidos na MM. Tanto Melillo (2011) quanto Vidigal (2013) se apoiam em Dale Bean – autor que se inspira nas ideias de educação progressista do educador John Dewey – para criar uma abordagem humanista da MM envolvendo a concepção de premissas e pressupostos (CANEDO JR; KISTEMANN JR, 2014). Machado (2010, p. 21), por sua vez, adota uma abordagem que permite “pensar as relações sociais e os conhecimentos matemáticos de forma democrática e participativa”. Outros sete autores (ARAÚJO, 2002; DOMINGOS, 2016; FREITAS, 2016; LUNA, 2012; JACOBINI, 2004; LOZADA, 2013; MELILLO, 2017) adotaram uma perspectiva sociocrítica, se baseando, principalmente, em autores como Jonei Cerqueira Barbosa e Ole Skovsmose. Vale ressaltar que Domingos (2016) assumiu a perspectiva sociocrítica de MM de forma indireta, pois seu objetivo foi utilizar a metodologia de resolução de problemas no contexto da Modelagem Matemática pela perspectiva sociocrítica. Destacamos, adicionalmente, que cinco desses sete trabalhos (ARAÚJO, 2002; BRAZ, 2017; DOMINGOS, 2016; JACOBINI, 2004; LOZADA, 2013) adotaram a MM como um “cenário para investigação” (conceito introduzido por Ole Skovsmose). Klüber (2012) também fala sobre esse conceito em sua tese ao identificar alguns autores (Jussara Araújo, Jonei Barbosa e Otávio Jacobini) que adotaram a MM como cenário para investigação. Ele também menciona Bassanezi, que mudou sua compreensão sobre investigação matemática e, mais recentemente, se aproxima do cenário para investigação proposto por Skovsmose.

Por fim, na terceira e última categoria, incluímos oito trabalhos (veja tabela 4). O motivo da não adoção de uma concepção específica de MM variou entre os trabalhos analisados. No caso dos trabalhos de revisão sistemática da literatura (BUENO, 2011; KLÜBER, 2007, 2012; SILVEIRA, 2007), o foco foi investigar o que havia sido feito até o

momento, não adotar ou propor uma concepção em particular. Por outro lado, Braz (2017), Bellei (2018) e Martins (2017) não adotam uma abordagem exclusiva de MM, mas fazem uma apresentação das abordagens existentes aos sujeitos envolvidos nas atividades de Modelagem Matemática e deixam a cargo dos grupos a adoção de uma determinada abordagem de MM. Por fim, Herminio (2009) focou em investigar a escolha de temas de MM e, por isso, não adotou uma concepção de MM.

Fundamentações teóricas críticas adotadas nos trabalhos analisados

Após leitura e análise dos textos, criamos as seguintes categorias para a fundamentação teórica crítica adotada nos trabalhos:

1. Embasamento na Educação Matemática Crítica.
2. Adoção de uma fundamentação teórica crítica distinta da EMC.
3. Não emprego de uma fundamentação teórica crítica.

Na figura 3 ilustramos as fundamentações teóricas críticas adotadas nos trabalhos analisados.

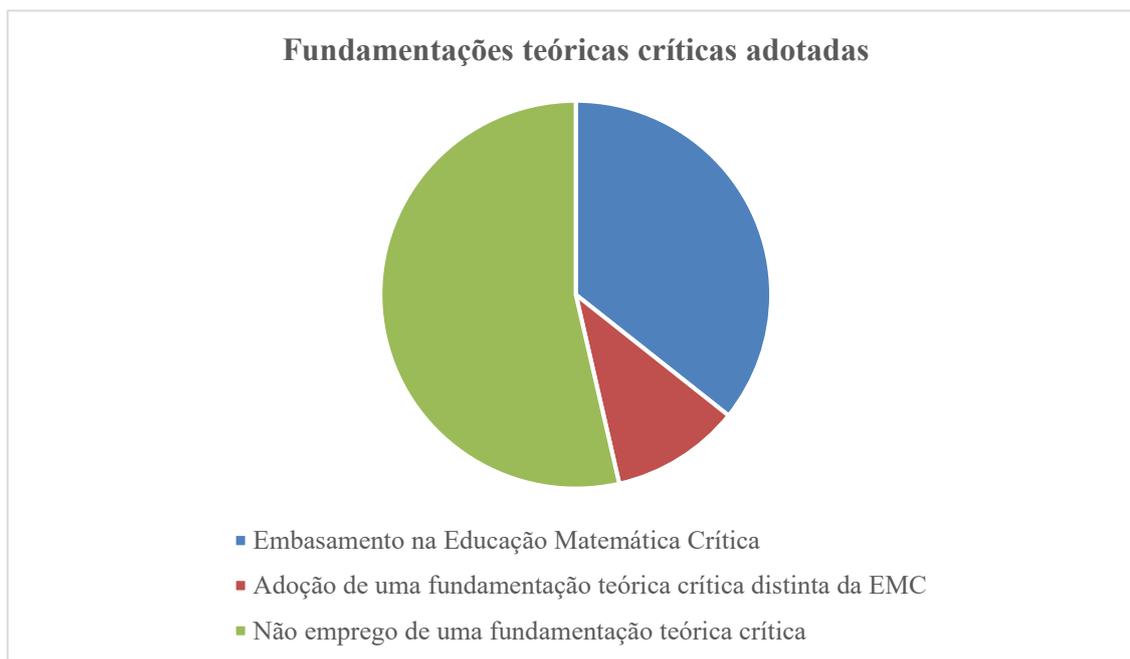


Figura 3 – Fundamentações teóricas críticas adotadas nos trabalhos analisados

Fonte: dados da pesquisa

As ideias da EMC como fundamentação dos aspectos críticos apareceram em nove trabalhos (veja tabela 5). Os autores que adotaram uma perspectiva sociocrítica para a MM empregaram, em sua maioria, uma visão crítica pela ótica da EMC e se apoiaram, essencialmente, nas ideias desenvolvidas por Ole Skovsmose, como segue: Araújo (2002) se baseia, principalmente, em Skovsmose, para salientar a crítica feita por alunos durante o

processo de Modelagem Matemática; Melillo (2017) enfatiza a questão democrática nas práticas sociais que podem ser analisadas por meio da MM e embasa suas ideias principalmente em Ole Skovsmose; Herminio (2009) se apoia em Skovsmose para embasar as discussões e reflexões críticas decorrentes da Modelagem Matemática realizada; Braz (2017) se apoia em diversos autores, mas principalmente em Ole Skovsmose e Jonei C. Barbosa, para destacar aspectos políticos e socioculturais nas experiências com a MM; Jacobini, (2004) faz uma breve descrição da Educação Crítica e sua influência na Educação Matemática. Ele usa das ideias da EMC para salientar a investigação e reflexão em uma aula de matemática por meio da MM, apoiando-se, principalmente, em Ole Skovsmose e Paulo Freire. Domingos (2016) se fundamenta em Skovsmose para uma abordagem no viés da Educação Crítica para a resolução de problemas. Por sua vez, Freitas (2016) embasa suas ideias principalmente em Daniel Clark Orey e Milton Rosa para a elaboração e condução de atividades de MM com os alunos em uma perspectiva sociocrítica, tendo em vista o ciclo de conhecimento de Ubiratan D’Ambrosio.

Tabela 5 – Agrupamento por fundamentação teórica crítica nos trabalhos analisados

Fundamentação teórica crítica	Trabalhos
1. Embasamento na Educação Matemática Crítica	ARAÚJO, 2002; BRAZ, 2017; DOMINGOS, 2016; FREITAS, 2016; JACOBINI, 2004; HERMINIO, 2009; LOZADA, 2013; MELILLO, 2017; SILVA, 2011
2. Adoção de uma fundamentação teórica crítica distinta da EMC	LOZADA, 2013; MELILLO, 2011; ROSA, 2013; VIDIGAL, 2013
3. Não emprego de uma fundamentação teórica crítica	ABIB, 2016; BELLEI, 2018, BRAZ, 2014; BUENO, 2011; CARARO, 2017; FERREIRA, 2019; KLÜBER, 2007; KLÜBER, 2012; LUNA, 2012; MACHADO, 2010; MALHEIROS, 2004; MARTINS, 2017; RANGEL, 2011; SILVA, 2013; SILVEIRA, 2007

Fonte: dados da pesquisa

Na segunda categoria, incluímos quatro trabalhos (veja tabela 5): Melillo (2011) adota uma postura reflexiva e crítica e se apoia não somente nas ideias de Ole Skovsmose, mas também nas de John Dewey e, principalmente, nas de Dale Bean; já Lozada (2013) se baseia nas ideias de Robert H. Ennis para pensamento crítico e cria um modelo para relações jurídicas. A pesquisa de Rosa (2013) investigou as potencialidades da Modelagem Matemática no processo de reflexividade do professor no contexto da sala de aula. Ela defende que a formação de um professor deve ir além de conhecimento e técnicas e ser constituído, também, por reflexão crítica a respeito de práticas pedagógicas, o que, por sua vez, repercute na formação de uma identidade pessoal. Professores em formação continuada podem compartilhar suas vivências e experiências em um trabalho colaborativo, articulando teoria e prática, integrando conhecimentos e refletindo sobre a própria prática, levando, assim, a um aperfeiçoamento geral na busca por meios mais eficientes de atingir seus objetivos educacionais. Por fim, Vidigal (2013) adota como referência autores diferentes dos

supracitados, pois os sujeitos de sua pesquisa são alunos do curso de geografia e o foco da pesquisa é a Geografia Crítica. No entanto, Vidigal (2013) se fundamenta em ideias que abrangem uma interpretação das implicações sociais do objeto em análise, por isso incluímos esse trabalho nessa segunda categoria. Apesar de os autores debatidos apresentarem visões particulares, um ponto em comum é a adoção de uma nova postura, mais aberta e crítica, que estimula o aluno a adotar uma postura mais reflexiva e crítica.

Já na terceira categoria, incluímos 15 trabalhos (veja tabela 5). Os seis trabalhos (BUENO, 2011; KLÜBER, 2007; KLÜBER, 2012; LUNA, 2012; MALHEIROS, 2004; SILVEIRA, 2007) que realizaram uma revisão de literatura não adotaram uma fundamentação teórica crítica, pois o objetivo era analisar as obras selecionadas. Assim, temos os seguintes trabalhos nessa categoria: Klüber (2007, 2012) não adota uma fundamentação teórica crítica, mas, ao analisar os dados, reconhece que alguns autores concebem a MM sob um olhar crítico para interpretar os modelos produzidos, estimulando uma postura crítica em relação a problemas sociais; Luna (2012) reconhece que algumas abordagens de MM tendem para uma fundamentação teórica crítica; Bueno (2011) identifica que particularidades da EMC são utilizadas em atividades de MM; Martins (2017) não adota uma fundamentação teórica crítica para o trabalho, mas na disciplina de MM ministrada apresenta ideias da Educação Crítica; Rangel (2011) e Silva (2013) citam brevemente sobre o olhar crítico na educação, mas não estabelecem uma fundamentação teórica sobre essa temática. Por fim, outros seis trabalhos (ABIB, 2016; BELLEI, 2018, BRAZ, 2014; CARARO, 2017; FERREIRA, 2019; MACHADO, 2010) não adotam uma fundamentação teórica crítica, mas salientam que os alunos devem interpretar criticamente o modelo criado.

Notamos, portanto, que algumas pesquisas planejaram antecipadamente pesquisar o uso de aspectos críticos na MM como estimuladora de habilidade crítica nos sujeitos da pesquisa. No entanto, outras pesquisas não apresentaram um planejamento prévio para uma análise de aspectos críticos evidenciados nos dados da pesquisa, mas indiretamente promoveram uma reflexão sobre a criticidade dos alunos por meio das atividades realizadas.

Conclusões dos trabalhos analisados

Nesta seção verificamos os resultados obtidos nos trabalhos examinados por meio da unissonância de suas conclusões, tanto para a Modelagem Matemática quanto para os aspectos críticos relacionados. Realizamos uma leitura da seção “conclusão” de cada um dos trabalhos em análise e separamos as conclusões referentes à MM e à criticidade. Em relação as conclusões identificamos as seguintes:

1. A MM contribui para o desenvolvimento de habilidades.

2. A MM gera um ambiente propício para a aprendizagem.
3. A MM promove uma atitude positiva em relação à Matemática.
4. A MM relacionada à formação de professores.
5. A MM como estratégia pedagógica que auxilia o estudante na criticidade e reflexão social.
6. Dificuldades relacionadas ao emprego da MM.

Na figura 4 ilustramos as conclusões dos trabalhos analisados.

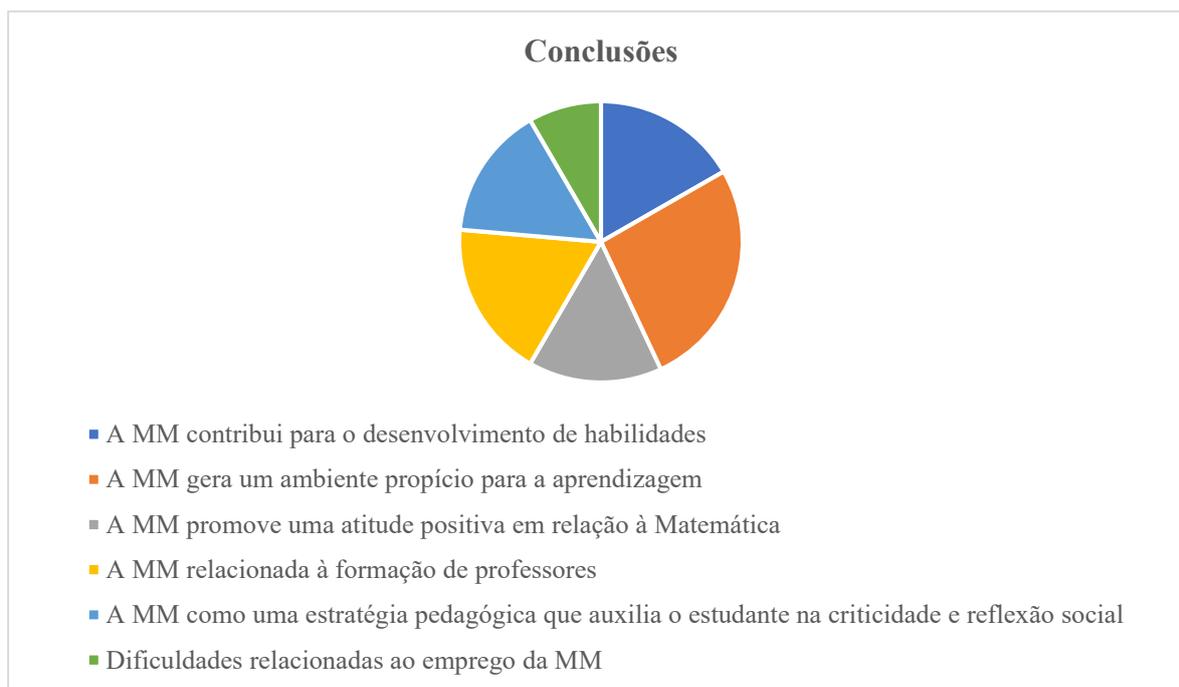


Figura 4 – Conclusões dos trabalhos analisados

Fonte: dados da pesquisa

Notamos que 12 trabalhos (veja tabela 6) teceram conclusões a respeito do desenvolvimento de habilidades por meio da MM, sendo que seis deles (ARAÚJO, 2002; FREITAS, 2016; JACOBINI, 2004; LOZADA, 2013; SILVA, 2013; VIDIGAL, 2013) mencionaram que a MM contribui para a formação de cidadãos críticos e/ou reflexivos. Alguns desses enfatizaram que a MM pode estimular a reflexão crítica e levar a uma participação ativa na sociedade (JACOBINI, 2004, FERREIRA, 2019; FREITAS, 2016; VIDIGAL, 2013). De acordo com Freitas (2016) a participação ativa pode ser desenvolvida ao lidar com problemas ambientais, e para Ferreira (2019) com problemas econômicos, sendo que esse cenário pode levar, inclusive, à reflexões éticas (FREITAS, 2016). Com o uso da MM, um estudante tem mais oportunidades de participar em sala de aula (DOMINGOS, 2016), apresentando melhor engajamento com seus pares e professores (BRAZ, 2014; DOMINGOS, 2016), o que pode levar a uma maior autonomia (BRAZ, 2014) e estimular o protagonismo na construção do próprio conhecimento (FERREIRA, 2019). Além disso, a

MM auxilia na tomada de decisões (BUENO, 2011; FERREIRA, 2019; LOZADA, 2013), na criatividade (DOMINGOS, 2016; LOZADA, 2013; LUNA, 2012; VIDIGAL, 2013), oportuniza a realização de investigações para a construção dos Modelos Matemáticos (BUENO, 2011; JACOBINI, 2004; VIDIGAL, 2013) e pode auxiliar na discussão e interpretação do conteúdo envolvido (MALHEIROS, 2004). Segundo Lozada (2013), a MM pode até mesmo propiciar o desenvolvimento da flexibilidade cognitiva.

Tabela 6 – Agrupamento por conclusão dos trabalhos analisados

Conclusão	Trabalhos
1. A MM contribui para o desenvolvimento de habilidades	ARAÚJO, 2002; BUENO, 2011; BRAZ, 2014; DOMINGOS, 2016; FERREIRA, 2019; FREITAS, 2016; JACOBINI, 2004; LOZADA, 2013; LUNA, 2012; MALHEIROS, 2004; SILVA, 2013; VIDIGAL, 2013
2. A MM gera um ambiente propício para a aprendizagem	ARAÚJO, 2002; BRAZ, 2014; BRAZ, 2017; BUENO, 2011; CARARO, 2017; DOMINGOS, 2016; FREITAS, 2016; GOULART, 2015; HERMINIO, 2009; LOZADA, 2013; LUNA, 2012; MACHADO, 2010; MALHEIROS, 2004; MARTINS, 2017; MELILLO, 2011; MELILLO, 2017; SILVA, 2011; SILVEIRA, 2007; VIDIGAL, 2013
3. A MM promove uma atitude positiva em relação à Matemática	ABIB, 2016; ARAÚJO, 2002; BRAZ, 2014; BUENO, 2011; CARARO, 2017; DOMINGOS, 2016; FREITAS, 2016; GOULART, 2015; MACHADO, 2010; MALHEIROS, 2004; RANGEL, 2011
4. A MM relacionada à formação de professores	ABIB, 2016; BELLEI, 2018; BRAZ, 2017; BUENO, 2011; CARARO, 2017; DOMINGOS, 2016; GOULART, 2015; HERMINIO, 2009; MACHADO, 2010; MARTINS, 2017; RANGEL, 2011; ROSA, 2013; SILVEIRA, 2007
5. A MM como uma estratégia pedagógica que auxilia o estudante na criticidade e reflexão social	BELLEI, 2018; BUENO, 2011; CARARO, 2017; FERREIRA, 2019; FREITAS, 2016; JACOBINI, 2004; KLÜBER, 2012; MACHADO, 2010; ROSA, 2013; SILVA, 2011; VIDIGAL, 2013
6. Dificuldades relacionadas ao emprego da MM	CARARO, 2017; GOULART, 2015; MACHADO, 2010; SILVA, 2011; KLÜBER, 2007; KLÜBER, 2012.

Fonte: dados da pesquisa

Identificamos sete trabalhos (ARAÚJO, 2002; BRAZ, 2014; LOZADA, 2013; MACHADO, 2010; MARTINS, 2017; MELILLO, 2017; VIDIGAL, 2013) que mencionaram que a MM favorece um ambiente propício à aprendizagem – inclusive para o Ensino Básico (BRAZ, 2017; BUENO, 2011) –, isto é, um ambiente favorável não somente para discussões matemáticas, mas também para o desenvolvimento de discussões críticas – algo que geralmente não ocorre numa sala de aula tradicional de Matemática (MELILLO, 2017). A organização desse ambiente pode ser feita com auxílio de recursos tecnológicos (FREITAS, 2016; MALHEIROS, 2004; MELILLO, 2017; SILVEIRA, 2007). Este ambiente promove uma participação ativa dos envolvidos (DOMINGOS, 2016), mas, para que ele se torne eficaz, é importante utilizar temas do cotidiano – que podem ser escolhidos até mesmo pelos alunos (HERMINIO, 2009) – e que trazem à tona questões sociais (FREITAS, 2016; LUNA, 2012; MELILLO, 2011; MELILLO, 2017; SILVA, 2011). Nesse contexto, o aprendizado se

torna dinâmico e os estudantes atribuem significado ao que aprenderam (CARARO, 2017), tornando as aulas mais interessantes e produtivas (BRAZ, 2014) e oportunizando investigações e pesquisas através do desafio intelectual (DOMINGOS, 2016).

A MM pode proporcionar uma atitude positiva para com a matemática, envolvendo aspectos como interesse e a percepção da utilidade/aplicabilidade da matemática no dia a dia (LOPES, 2022). Das teses e dissertações analisadas, quatro (BUENO, 2011; DOMINGOS, 2016; GOULART, 2015; MALHEIROS, 2004) concluíram que a MM despertou interesse pela Matemática e duas (GOULART, 2015; MALHEIROS, 2004) que essa metodologia auxilia a ver a utilidade dessa disciplina. De acordo com seis trabalhos (ARAÚJO, 2002; BRAZ, 2014; CARARO, 2017; FREITAS, 2016; GOULART, 2015; RANGEL, 2011), a MM tem sido apontada como uma boa maneira de conciliar a teoria com a prática. Abib (2016) defende que essa metodologia pode despertar o interesse pela Matemática, e outros autores (GOULART, 2015; MACHADO, 2010) mencionaram que a MM pode tornar a aprendizagem mais prazerosa, inclusive para crianças (MACHADO, 2010), pois o estudante passa a se sentir capaz de lidar com a matemática (BRAZ, 2014). Além disso, a MM facilita a reflexão a respeito do papel social da matemática (BUENO, 2011).

Alguns trabalhos analisados teceram conclusões a respeito da formação do professor. Quatro deles (ABIB, 2016; BRAZ, 2017; DOMINGOS, 2016; SILVEIRA, 2007) mencionaram a necessidade de adequação do currículo para que a formação de professores possa abranger experiências com a MM e formação continuada incluindo a MM (BELLEI, 2018). Essa adequação curricular visa oportunizar que esses docentes adotem essa metodologia (GOULART, 2015), levando-os a refletir sobre a prática pedagógica, tornando-os críticos, questionadores (MARTINS, 2017; RANGEL, 2011; ROSA, 2013) e ousados (HERMINIO, 2009). Os docentes deixarão de se portar como detentores do conhecimento e se tornarão mediadores no processo de aprendizagem (CARARO, 2017).

Identificamos onze trabalhos citaram que os estudantes podem se tornar participativos e agir em prol de mudanças sociais. Klüber (2012) identificou que há diversas formas de favorecer a formação crítica dos estudantes – o que é esperado em uma área que tem como base, sobretudo, as Ciências Humanas. Por outro lado, dezessete trabalhos não apresentaram conclusões relacionadas ao desenvolvimento da criticidade e reflexão social. Frisamos que muitos trabalhos não tiveram a averiguação planejada e antecipada de aspectos críticos. Além disso, muitos dos que apresentaram alguma conclusão sobre os aspectos críticos envolvidos foram sucintos.

Por fim, alguns trabalhos não somente apresentaram os benefícios da MM, mas também identificaram algumas dificuldades relacionadas a essa metodologia. Um ponto inicial destacado por três pesquisas (CARARO, 2017; GOULART, 2015; MACHADO, 2010)

foi o fato de que nem todos os professores estão dispostos a utilizar essa metodologia, ou seja, há uma resistência em sua implementação. Por outro lado, Silva (2011) identificou que a MM pode exigir outros conhecimentos matemáticos e isso pode tornar a produção de um modelo uma atividade mais complexa. Em sua revisão, Klüber (2007) concluiu que a MM deve ser estudada em suas bases filosóficas e epistemológicas para um melhor entendimento e direcionamento de tendências. Posteriormente, esse mesmo autor (KLÜBER, 2012) constatou que esse problema epistemológico permanecia e identificou problemas com a sobreposição de teorias contraditórias e até incomensuráveis nas concepções de MM existentes no país.

Antes de passarmos para a última seção, vale ressaltar que, nessa revisão, a buscas por pesquisas foi feita somente no banco de teses e dissertações da CAPES. Deixamos como sugestão que futuras pesquisas utilizem outros bancos de dados, como a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDBTD), caso seja do interesse do pesquisador encontrar mais resultados para a busca. Além disso, outros dados podem ser abordados em futuras revisões nessa temática, como as metodologias adotadas e o uso de recursos tecnológicos nas pesquisas em análise.

Discussões e considerações finais

Notamos que, enquanto alguns trabalhos esclareciam pontos chave já no resumo, outros não deixaram claro aspectos como metodologia adotada, sujeitos envolvidos ou conclusões obtidas, seja no resumo, nos capítulos relacionados ou mesmo nos capítulos de aspectos teóricos, metodologia e conclusão. Constatamos ser essencial especificar a concepção de MM utilizada e não apenas apresentar as diversas concepções existentes. Acreditamos que uma organização do conteúdo a ser abordado e uma revisão poderiam tornar a leitura mais fácil e agradável e colaborar para que aspectos importantes da pesquisa fossem esclarecidos.

A análise inicial dos dados evidenciou que a maior parte dos trabalhos se concentra no eixo sul-sudeste e a maioria é de caráter qualitativo, o que está harmoniza com outras revisões (SOARES *et al.*, 2021; SOUSA *et al.*, 2021). Os objetivos das teses e dissertações que analisamos, assim como as abordagens de Modelagem Matemática adotadas, nos mostram que as tarefas de Modelagem Matemática foram utilizadas, em sua maioria, como uma estratégia de ensino ou como uma alternativa pedagógica. A revisão de Soares e colaboradores (2021) investigou os objetivos de teses e dissertações que utilizaram a MM e constatou que o foco de muitas pesquisas é utilizar a Modelagem Matemática como estratégia de ensino e aprendizagem na matemática.

Klüber em sua dissertação (2007) e tese (2012) constatou a necessidade de mais

pesquisas a fim de aprofundar e estruturar aspectos epistemológicos das concepções de MM existentes. Frejd e Vos (2022, p. 465) mencionaram que há uma necessidade – “pontos brancos”, segundo eles – em relação a mais estudos sobre “competências para lidar com questões socioculturais na modelação” e propõem “desenvolver ainda mais uma virada social na pesquisa de Modelagem Matemática”³ (tradução livre). Além disso, no conjunto de dados que analisamos, a maioria dos trabalhos eram de caráter empírico, e o fato de haver poucos trabalhos apenas de cunho teórico aponta para uma necessidade de mais estudos nessa direção. Similarmente, identificamos que há poucas pesquisas quantitativas ou mistas em temáticas relacionadas à MM, conforme já apontado até mesmo por pesquisas internacionais (HIDAYAT *et al.*, 2022; ABASSIAN *et al.*, 2020), sendo este um bom campo para futuras pesquisas.

Corroborando estudos internacionais (CEVIKBAS *et al.*, 2022; FREJD; VOS, 2022), verificamos que há poucos trabalhos que investigam diretamente as competências e subcompetências na Modelagem Matemática, bem como o estudo da metacognição em MM. Embora existam algumas pesquisas sobre metacognição em MM à nível internacional (CZOCHER, 2018) e nacional (VERTUAN; ALMEIDA, 2016), nas teses e dissertações analisadas, apenas Lozada (2013) apresentou conteúdo relacionado e apenas Klüber (2012) identificou a importância de se atentar à cognição para criar um caminho de uma estruturação das concepções de MM para além da Matemática Aplicada. Dessa forma, há campo para mais pesquisas envolvendo competências/subcompetências em MM e metacognição em MM associadas à criticidade.

Em relação a aspectos críticos relacionados à MM, notamos que poucos trabalhos tiveram como objetivo averiguar a manifestação dessa característica durante a produção dos dados, como foi o caso dos trabalhos de Jacobini (2004) e de Vidigal (2013). Por outro lado, algumas pesquisas (ARAÚJO, 2002; MELILLO, 2017) deixaram a investigação desses aspectos implícita. Essa carência de trabalhos voltados para a investigação de aspectos críticos em MM já foi apontada por outras revisões sistemáticas nacionais nessa temática focadas no Ensino Superior (LOPES, 2021).

A já mencionada revisão de Sousa e colaboradores (2021, p.1010) encontrou “poucos trabalhos relacionados ao tema EMC” e concluiu que é “pouco estudada nos dias atuais”, pois, dentre os 30 trabalhos que analisaram, apenas dois estavam em harmonia com os objetivos da pesquisa. Entretanto, nossa revisão mostrou que existem diversas pesquisas que fazem uso dos princípios da EMC no Ensino Superior, embora os aspectos críticos não tenham sido o foco de muitas dessas pesquisas. No entanto, concordamos com essa revisão ao

³ “competencies for dealing with socio-cultural issues in modelling. We propose further developing a social turn in mathematical modelling research” Frejd e Vos (2022, p. 465).

defender que a EMC proporciona um ambiente focado na “interpretação de dados”, propicia um “diálogo aberto” e auxilia os estudantes a “começar a construir um pensamento crítico”, entendendo o significado da Matemática em suas vidas (SOUSA *et al.*, 2021, p.1010). Ademais, existem oportunidades de pesquisas a respeito de outros aspectos críticos manifestados na MM, como os relativos à consciência crítica (VELEDA; BURAK, 2017).

Por fim, ressaltamos a importância da MM não somente para a apresentação de aplicações matemática, mas também para o desenvolvimento de competências e o desenvolvimento do senso crítico. Assim, aplicar a Modelagem Matemática em sala de aula, como mostrados por diversos estudos dessa revisão bibliográfica, pode favorecer grandemente o processo de ensino-aprendizagem e a criticidade dos estudantes.

Referências

ABASSIAN, A.; SAFI, F.; BUSH, S.; BOSTIC, J. Five different perspectives on mathematical modeling in mathematics education. *Investigations in Mathematics Learning*, v. 12, n. 1, p. 53–65, 2020. Disponível em <<https://doi.org/10.1080/19477503.2019.1595360>>. Último acesso em 29 jun. 2023.

ALMEIDA, L. M. W.; BRITO, Dirceu dos Santos. Atividades de modelagem matemática: que sentido os alunos o podem atribuir? *Ciência & Educação*, v. 11, n. 3, p. 483-498, 2005.

ARAÚJO, J. L. Uma abordagem sócio crítica da Modelagem Matemática: a perspectiva da Educação Matemática Crítica. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 2, n. 2, p. 55-68. 2009.

ARAÚJO J. L. Pesquisa brasileira sobre modelagem em educação matemática. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, v. 42, p. 337-348, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11858-010-0238-9>>. Último acesso em: 12 jan. 2022.

BARBOSA, J. C. Modelagem matemática: O que é? Por quê? Como? *Veritati*, n. 4, p. 73-80, 2004.

BARBOSA, J. C. Mathematical modelling in classroom: A socio-critical and discursive perspective. *ZDM Mathematics Education*, v. 38, n. 3, p. 293–301, 2006. Disponível em <<https://doi.org/10.1007/BF02652812>>. Último acesso em 5 out. 2023.

BASSANEZI, R. C. *Ensino-aprendizagem com Modelagem Matemática*. São Paulo: Contexto, 2002.

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

BORBA, M.; SKOVSMOSE, O. The ideology of certainty in mathematics education. *For the Learning of Mathematics*, n. 17, v. 3, p. 17–23, 1997.

BRASIL. Lei no 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 23 dez, 1996. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm>. Último acesso em 5 out. 2022.

CANEDO JR, N. R.; KISTEMANN JR, M. A. O movimento das pesquisas em modelagem matemática em Minas Gerais. *Revista Eletrônica de Educação Matemática*, v. 9, p. 100-123, 2014. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.5007/1981-1322.2014v9nespp100>>. Último acesso em 29 jun. 2023.

CAVALCANTI, J. D. B. *A noção de Relação ao Saber: História e Epistemologia*. Panorama do Contexto Francófono e Mapeamento de sua utilização na literatura científica brasileira. Tese de doutorado em Ensino de Ciências – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2015.

CEVIKBAS, M.; KAISER, G.; SCHUKAJLOW, S. A systematic literature review of the current discussion on mathematical modelling competencies: state-of-the-art developments in conceptualizing, measuring, and fostering. *Educational Studies in Mathematics*, v. 109, n. 2, p. 205–236, 2022. Disponível em <<https://doi.org/10.1007/s10649-021-10104-6>>. Último acesso em 29 jun. 2023.

CZOCHER, J.A. How does validating activity contribute to the modeling process? *Educational Studies in Mathematics*, v. 99, n. 2, p. 137–159, 2018. Disponível em <<https://doi.org/10.1007/s10649-018-9833-4>>. Acesso em 29 jun. 2023.

ENGELBRECHT, J.; BORBA, M. C.; LLINARES, S.; KAISER, G. Will 2020 be remembered as the year in which education was changed? *ZDM Mathematics Education*, v. 52, n. 5, p. 821–824, 2020. Disponível em <<https://doi.org/10.1007/s11858-020-01185-3>>. Último acesso em 29 jun. 2023.

FERREIRA, N. S. de A. As pesquisas denominadas “estado da arte”. *Educação & Sociedade*, São Paulo, v. 23, n. 79, p. 257-272, 2002. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/S0101-73302002000300013>>. Último acesso em 29 jun. 2023.

FILHO, A. M.; CESÁRIO, A. A. A.; BENDINELI, L. S. A.; LOURES, M. M. A.; SAD, L. A. Reflexões e práticas em educação matemática crítica. In: SOUZA, M., A. V. F. (Org.). *Teorias da Aprendizagem: tendências e possibilidades*. 1ed. Vitória: IFES, 2015, v. 1, pp. 92-118.

FREIRE, P. *Educação como Prática da Liberdade*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2014.

FREJD, P.; VOS, P. A commentary on the Special Issue “Innovations in measuring and fostering mathematical modelling competencies”. *Educational Studies in Mathematics*, v. 109, n. 2, p. 455–468, 2022. Disponível em <<https://doi.org/10.1007/s10649-021-10122-4>>. Último acesso em 20 mar. 2023.

GIBBS, A.M.; PARK, J.Y. Unboxing mathematics: creating a culture of modeling as critic. *Educational Studies in Mathematics*, vol. 110, n. 1, p. 167-192, 2022. Disponível em <<https://doi.org/10.1007/s10649-021-10119-z>>. Último acesso em 20 mar. 2023.

HERMANN, W.; JUVANELLI, C.; COQUEIRO, V. dos S. Overview of publications on Mathematical Modeling in four journals of the teaching area. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 9, n. 8, p. e73985139, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i8.5139. Disponível em <<https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5139>>. Último acesso em 20 mar. 2023.

HIDAYAT, R.; ADNAN, M.; ABDULLAH, M. F. N. L. A systematic literature review of measurement of mathematical modeling in mathematics education context. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, v. 18, n. 5, em2108, p. 1-13, 2022. Disponível em <<https://doi.org/10.29333/ejmste/12007>>. Último acesso em 29 jun. 2023.

JOLANDEK, E. G.; KATO, L. A. Vertentes sobre a Modelagem Matemática e o letramento matemático a partir de uma revisão bibliográfica. *Educação Matemática Pesquisa*, v. 23, n. 2, 2021. Disponível em <<https://doi.org/10.23925/1983-3156.2021v23i2p218-244>>. Último acesso em 29 jun. 2023.

LOPES, A. P. C. Modelagem Matemática e Equações Diferenciais: um mapeamento das pesquisas em Educação Matemática. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, [S. l.], v. 12, n. 4, p. 1–25, 2021. DOI: Disponível em <<https://doi.org/10.26843/rencima.v12n4a16>>. Último acesso em: 29 jun. 2023.

LOPES, A. P. C. Aspects of attitudes towards mathematics in modeling activities: Usefulness, interest, and social roles of mathematics. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, v. 17, n. 4, em0711, 2022. Disponível em <<https://doi.org/10.29333/iejme/12394>>. Último acesso em 29 jun. 2023.

LOPES, A. P. C. Contrapondo a ideologia da certeza por meio do conhecimento reflexivo na modelagem matemática. *Boletim de Educação Matemática – BOLEMA*, v. 37, n. 37, p. 21-44, 2023.

MARTINS, S.; FERNANDES, E. LITERACIA MATEMÁTICA: Contributos do *design* de cenários de aprendizagem na formação inicial de professores. In: SPINOLA, H.; CARREIRA, S. (Org.), *Literacia Científica Ensino, Aprendizagem e Quotidiano*. CIE-UMA, 2021. 73-87.

MENDES, L. O. R.; PEREIRA, A. L. Revisão sistemática na área de Ensino e Educação Matemática: análise do processo e proposição de etapas. *Educação Matemática Pesquisa*, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 196-228, 2020. Disponível em <<https://doi.org/10.23925/1983-3156.2020v22i3p196-228>>. Último acesso em 29 jun. 2023.

NISS, M.; BLUM, W. *The learning and teaching of mathematical modelling*. Routledge, 2020. Disponível em <<https://doi.org/10.4324/9781315189314>>. Último acesso em 29 jun. 2023.

OLIVEIRA, J.; SILVA, M. A. O Estudante desejável constituído pelo discurso da Educação Matemática Crítica. *Revista Paranaense de Educação Matemática*, v. 8, n. 17, p. 17-44, 2019. Disponível em <<https://doi.org/10.33871/22385800.2019.8.17.17-44>>. Último acesso em 29 jun. 2023.

SACHDEVA S.; EGGEN P. O. Learners' Critical Thinking About Learning Mathematics. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, v. 16, n. 3, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.29333/iejme/11003>>. Último acesso em 12 jan. 2022.

SANTOS, G. P. R. *et al.* A modelagem matemática no Brasil: resultados de uma revisão integrativa de teses e dissertações. *Revista Thema*, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 156–167, 2018. Disponível em <<https://doi.org/10.15536/thema.15.2018.156-167.757>>. Último acesso em 29 jun. 2023.

SEVERINO, A. J. *Metodologia do trabalho científico* 23. ed. rev. e atual. São Paulo: Cortez, 2007.

SKOVSMOSE, O. Cenários para Investigação. *Boletim de Educação Matemática*, n. 14, p. 66-91, 2000.

SKOVSMOSE, O. Mathematics and crises. *Educational Studies in Mathematics*, vol.108, n.

1-2, p. 369–383, 2021. Disponível em <<https://doi.org/10.1007/s10649-021-10037-0>>. Último acesso em 29 jun. 2023.

SOARES; M. R.; IGLIORI, S. B. C.; ALENCAR, E. S.; GUALANDI, J. H. As pesquisas acadêmicas sobre modelagem matemática na educação matemática (de 1979 a 2015): compreensões das áreas de educação e ensino da CAPES. *Alexandria: Revista de Educação em Ciências e Tecnologia*, v. 14, n.1, p. 139-163, 2021.

SOUSA, D. E. B. de; GALDINO, D. de M.; NETO, J. N. de A. Algumas reflexões sobre matemática crítica e educação a distância: uma revisão de literatura. *Boletim Cearense de Educação e História da Matemática*, [S. l.], v. 8, n. 23, p. 1002–1012, 2021. DOI: 10.30938/bocehm.v8i23.5149. Disponível em: <<https://revistas.uece.br/index.php/BOCEHM/article/view/5149>>. Último acesso em: 1 abr. 2023.

STEPHAN, M; REGISTER, J.; REINKE, L.; ROBINSON, C.; PUGALENTI, P.; PUGALEE, D. People use math as a weapon: critical mathematics consciousness in the time of COVID-19. *Educational Studies in Mathematics*, v. 108, n. 3, p. 513-532, 2021. Disponível em <<https://doi.org/10.1007/s10649-021-10062-z>>. Último acesso em 29 jun. 2023.

VELEDA G. G.: BURAK D. Mathematical modelling in mathematics education as a way to develop critical consciousness: A theoretical essay. *Acta Scientiae*, v. 19, n.2, p. 211-223, 2017.

VERTUAN, R. E.; ALMEIDA, L. M. W. de. Práticas de monitoramento cognitivo em atividades de modelagem Matemática. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, v. 30, n. 56, p. 1070-1091, 2016. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/1980-4415v30n56a12>>. Acesso em 29 jun. 2023.

VIEIRA, C. Literacia científica, literacia matemática e pensamento crítico. Enseñanza de las Ciencias, Número Extra – *VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, Barcelona, pp. 394-399, 2009. Disponível em <<http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-394-399.pdf>>. Acesso em 29 jun. 2023.

Referências dos trabalhos analisados

ABIB, R. B. *Modelagem Matemática: um estudo de caso com professores da rede de ensino de Piratini*. Dissertação de Mestrado Profissional em Ciências e Tecnologias na Educação – Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia Sul-Rio-Grandense, Pelotas, 2016.

ARAUJO, J. L. *Cálculo, Tecnologias e Modelagem Matemática: As Discussões dos Alunos*. Tese de doutorado em Educação Matemática – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2002.

BELLEI, P. *Gestão escolar e formação de professores em modelagem matemática na educação matemática: um olhar*. Dissertação de mestrado em Ensino – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Foz do Iguaçu, 2018.

BRAZ, B. C. *Contribuições da modelagem matemática na constituição de comunidades de prática locais: um estudo com alunos do curso de formação de docentes*. Dissertação de mestrado em Educação para a Ciência e Matemática – Universidade Estadual de Maringá,

Maringá, 2014.

BRAZ, B. C. *Aprendizagens sobre modelagem matemática em uma comunidade de prática de futuros professores de matemática*. Tese de doutorado em Educação para a Ciência e Matemática –Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2017.

BUENO, V. C. *Concepções de Modelagem Matemática e subsídios para a Educação Matemática: quatro maneiras de compreendê-la no cenário brasileiro*. Dissertação de Dissertação de mestrado Profissional em Educação Matemática –Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011.

CARARO, E. F. F. *O sentido da formação continuada em modelagem matemática na educação matemática desde os professores participantes*. Dissertação de mestrado em Educação– Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel 2017.

DOMINGOS, R. M. C. *Resolução de problemas e modelagem matemática: uma experiência na formação inicial de professores de física e matemática*. Dissertação de mestrado em Ensino de Ciências e Matemática –Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2016.

FERREIRA, V. D T. *As contribuições de uma sequência didática elaborada à luz do Modelo Epistemológico de Referência (MER), na construção dos conhecimentos relativos à educação financeira*. Tese de doutorado em Educação Matemática. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2019.

FREITAS, J. F. R. B. *Modelagem Matemática no Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA): Entendendo as suas dimensões Crítica e Reflexiva a partir de um Estudo de Caso*. Dissertação de mestrado Profissional em Educação Matemática– Universidade federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016.

GOULART, E. B. *Formação de professores e modelagem matemática: implicações na prática pedagógica*. Dissertação de mestrado Profissional em Ensino de Ciências Exatas – Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2015.

HERMINIO, M. H. G. B. *O processo de escolha dos temas dos Projetos de Modelagem Matemática*. Mestrado em Educação Matemática – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2009.

JACOBINI, O. R. *A modelagem matemática como instrumento de ação política na sala de aula*. Tese de doutorado em Educação Matemática – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.

KLÜBER, T. E. *Modelagem matemática e etnomatemática no contexto da educação matemática: aspectos filosóficos e epistemológicos*. Dissertação de mestrado em Educação – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2007.

KLÜBER, T. E. *Uma meta compreensão da Modelagem Matemática na Educação Matemática*. Tese de doutorado em Educação Científica e Tecnológica – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

LOZADA, C. O. *Direito ambiental: relações jurídicas modeladas pela matemática visando uma formação profissional crítica e cidadã dos bacharelados em engenharia ambiental*. Tese de doutorado em Educação – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

LUNA, A. V. A. *A modelagem matemática na formação continuada e a recontextualização*

pedagógica desse ambiente em salas de aula. Tese de doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012.

MACHADO, S. R. C. *Percepções da modelagem matemática nos anos iniciais*. Dissertação de mestrado em Educação Científica e Tecnológica – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2010.

MALHEIROS, A. P. S. *A produção matemática dos alunos em um ambiente de modelagem*. Dissertação de mestrado em Educação Matemática – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.

MARTINS, D. A. *A disciplina Modelagem na Educação Matemática na UFMG: percepção junto a estudantes e egressos do curso de Licenciatura em Matemática*. Dissertação de mestrado em Educação – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

MELILLO, C. R. *Modelagem matemática no futebol: uma atividade de crítica e criação encaminhada pelo método do caso*. Dissertação de mestrado Profissional em Educação Matemática – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011.

MELILLO, C. R. *A dualidade na formação no ensino profissionalizante em um ambiente de aprendizagem de modelagem matemática*. Tese de doutorado em Educação – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

RANGEL, W. S. A. *Projetos de modelagem matemática e sistemas lineares: contribuições para a formação de professores de matemática*. Dissertação de mestrado Profissional em Educação Matemática – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011.

ROSA, C. R. *A formação do professor reflexivo no contexto da modelagem matemática*. Tese de doutorado em Educação para a Ciência e Matemática – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2013.

SILVA, D. P. *Regra de Três: prática escolar de modelagem matemática*. Dissertação de mestrado em Educação em Ciências e Matemáticas – Universidade Federal do Pará, Belém, 2011.

SILVA, HELOISA CRISTINA DA. *Matematização e modelagem matemática: possíveis aproximações*. Dissertação de mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática – Universidade Estadual de Londrina, 2013.

SILVEIRA, E. *Modelagem matemática em educação no Brasil: entendendo o universo de teses e dissertações*. Dissertação de mestrado em Educação – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

VIDIGAL, C. L. *Desenvolvendo criticidade e criatividade com estudantes de Geografia por meio de modelagem*. Dissertação de mestrado Profissional em Educação Matemática – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.

SOBRE OS AUTORES

ALDO PERES CAMPOS E LOPES. Doutor (2013) em Matemática pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e Mestre em Educação Matemática (2021) pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Atualmente é professor Associado da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Realizou um estágio de pós-doutoramento (2020)

no Instituto de Matemática Pura e Aplicada (IMPA) e na UFOP (2022). Possui como foco de pesquisa a Análise Geométrica, a Modelagem Matemática, o Pensamento Matemático Avançado e o Pensamento Crítico.

JOÃO VITOR DA PENA PACHECO. Graduando em Engenharia da Computação pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Participante ativo em projeto de Iniciação Científica e em projeto de Extensão da UNIFEI. Possui interesse em Modelagem Matemática e Visão Computacional.