CEFET/RJ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

MODELAGEM NO ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA: UMA REVISÃO DE PERIÓDICOS NACIONAIS A1 DE 2001 A 2022

Rodrigo Prado Madeira

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Educação, do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciência, Tecnologia e Educação.

Orientadora: Prof.ª Dra. Juliana Machado

Rio de Janeiro
Julho 2024

MODELAGEM NO ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA: UMA REVISÃO DE PERIÓDICOS NACIONAIS A1 DE 2001 A 2022

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Educação, do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciência, Tecnologia e Educação.

Rodrigo Prado Madeira

Banca Examinadora:

_____

Presidente, Professora Dra. Juliana Machado (CEFET/RJ) (orientadora)

_____

Professor Dr. Paulo José Sena dos Santos (UFSC)

_____

Professor Dr. Tarliz Liao (CEFET/RJ)

SUPLENTES

_____

Professor Dr. Marco Braga (CEFET/RJ)

Rio de Janeiro
Julho 2024

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

M181 Madeira, Rodrigo Prado
Modelagem no ensino de ciências e matemática: uma revisão de periódicos nacionais A1 de 2001 a 2022 / Rodrigo Prado Madeira. — 2024.
77f. : il. (algumas color.) , enc.

Dissertação (Mestrado) Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2024.
Bibliografia: f. 74-77
Orientadora: Juliana Machado

1. Produção científica. 2. Modelagem. 3. Ciência – Estudo e ensino. 4. Matemática – Estudo e ensino. I. Machado, Juliana. (Orient.). II. Título.

CDD 001.43

Elaborada pela bibliotecária Tania Mello – CRB/7 nº 5507/04

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a minha companheira Louise, que nesses últimos dois anos teve muita paciência comigo. Por sempre acreditar em mim, por me incentivar e acolher nos momentos que precisei. Agradeço por ler diversas vezes meus textos. Agradeço por ouvir Modelos e Modelagem diariamente. Agradeço por ouvir os nomes que repetia inúmeras vezes. Muito obrigado!!!

Agradeço à minha mãe Elizete que sempre acreditou em mim, mesmo não entendendo bem o motivo de eu resolver fazer Física. Agradeço por ter me ensinado a não desistir, a teimosia agradeço também. Agradeço ao meu pai, que não se encontra mais aqui, por ter me ensinado que não é tarde para estudar. Como tenho uma família grande, incluindo agregados, deixo um muito obrigado a todos que torceram por mim nessa caminhada.

Sou muito grato à Professora Doutora Juliana, por ser essa professora exemplar, que aceitou me orientar em uma conversa no fim da aula. Agradeço a orientação, os comentários, as indicações de artigos e livros e por todo apoio durante esse período de pesquisa. Agradeço aos professores e professoras do PPCTE pela dedicação que conduzem suas aulas e pelo convívio sempre muito cordial.

Agradeço aos amigos que me acompanham desde o tempo de faculdade, época que os sonhos eram muitos e as risadas diárias. Obrigado por fazerem parte da minha vida há tantos anos Michele e Victor. Outra amiga muito importante da faculdade é a Sheyse, que foi ser internacional mas voltou pra casa e tem acompanhado minha saga nesta pesquisa.

Agradeço aos amigos e amigas do PPCTE. O “grupo da carona”: Rômulo e Cassiano e a Luiza, do Popper até as muitas orientações em dupla. Um grande abraço a todos que compartilharam esses momentos saindo das telinhas para as salas de aula do CEFET.

Agradeço ao Professor Doutor Paulo Sena por suas contribuições desde a qualificação até a defesa com perguntas e sugestões para a melhoria deste trabalho e ao Professor Doutor Tarliz Liao por suas observações sobre a pesquisa e perguntas que me fizeram refletir sobre os caminhos desta dissertação.

RESUMO

MODELAGEM NO ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA: UMA REVISÃO DE PERIÓDICOS NACIONAIS A1 DE 2001 A 2022

O Ensino de Ciências e Matemática compreende uma grande variedade de discussões e diversas possibilidades de metodologias, sendo a Modelagem a abordagem desta pesquisa. Reconhecendo a importância do tema e considerando o significativo volume de publicações nessa área nas últimas décadas, julgamos oportuno realizar uma revisão da produção científica nacional sobre Modelagem no período de 2001-2022. Entendemos que diversas concepções podem ocasionar diferentes propósitos e abordagens nas atividades de construção de modelos, assim como competências e habilidades diferentes. Constatamos a importância da investigação das diversas formas de abordagem sobre a Modelagem para a compreensão dos fundamentos e a sistematização dos referenciais e suas concepções. Buscamos investigar as concepções sobre Modelagem, um campo bastante explorado na área de Ensino, com a finalidade de identificar tendências e lacunas de conhecimentos nos artigos, além de contribuir com os estudos e as discussões área, para responder a pergunta norteadora: Como se caracteriza a produção científica nos periódicos nacionais do estrato A1 dedicada a Modelagem, no campo do Ensino de Ciências e Matemática? E para responder essa pergunta temos como objetivo geral: Entender o desenvolvimento da produção científica nos periódicos nacionais do estrato A1 dedicada a Modelagem, no campo do Ensino de Ciências e Matemática. Para realizar a construção do corpus de pesquisa, seguimos quatro passos na seleção das publicações científicas. O primeiro passo foi delimitar que o foco da seria em publicações feitas no Brasil, utilizando o sistema de avaliação de periódicos científicos da CAPES, o Qualis Periódicos, no quadriênio mais recente 2017-2022. O segundo passo foi selecionar os periódicos no estrato A1 do Qualis, obtendo um total de 11 periódicos. No terceiro passo definimos os termos de pesquisa relacionados a pesquisas de Modelagem. No quarto passo obtivemos um total de 248 artigos dos periódicos selecionados. A análise das informações, está dividida em dois momentos: análise bibliométrica e análise de conteúdo. Na análise bibliométrica o foco foi na análise dos periódicos, da evolução temporal, dos títulos, autores e palavras-chave. Na análise de conteúdo, realizamos uma discussão sobre as disciplinas, a natureza das pesquisas, as diferentes terminologias e os referenciais adotados. A partir das análises constatamos um número cada vez maior de publicações, demonstrando um maior interesse na pesquisa pela Modelagem. Além disso, as terminologias analisadas estão presentes nos identificadores dos artigos: os títulos e as palavras-chave. Ainda como destaque temos o caráter interdisciplinar das pesquisas sobre Modelagem e uma tendência maior de trabalhos empíricos de Modelagem. As disciplinas de Matemática e Física são mais relevantes em número de artigos, enquanto Química e Biologia aparecem em menor quantidade. Por fim Identificamos muitos referenciais teóricos e os ligamos com as disciplinas e terminologias.

Palavras-chave: Modelagem; Ensino de Ciências e Matemática; Revisão de Literatura; Modelos.

ABSTRACT

MODELLING IN SCIENCE AND MATHEMATICS TEACHING: A REVIEW OF NATIONAL JOURNALS A1 FROM 2001 TO 2022

The teaching of science and mathematics understand a wide range of discussions and diverse methodological possibilities, with modeling being the approach of this research. Recognizing the importance of the topic and considering the significant volume of publications in this area in recent decades, we thought it appropriate to conduct a review of national scientific production on Modeling in the period 2001-2022. We understand that different conceptions can lead to different purposes and approaches in model-building activities, as well as different skills and abilities. We noted the importance of investigating the several approaches to modeling in order to understand the fundaments and systematize the references and their conceptions. We investigated the conceptions of modeling, a very explored field in the area of teaching, in order to identify trends and gaps in knowledge in the articles, as well as contributing to studies and discussions in the area, to answer the guiding question: How is scientific production characterized in national A1 stratum journals dedicated to modeling in the field of science and mathematics teaching? And to answer this question we have the following general objective: To understand the development of scientific production in A1 national journals dedicated to Modeling in the field of Science and Mathematics Teaching. To build the research corpus, we followed four steps in selecting scientific publications. The first step was to define that the focus would be on publications made in Brazil, using the CAPES scientific journal evaluation system, Qualis Periódicos, in the recent 2017-2022 quadrennium. The second step was to select the journals in the A1 stratum of Qualis, obtaining a total of 11 journals. In the third step, we defined search terms related to modeling research. In the fourth step, we obtained a total of 248 articles from the selected journals. The analysis of the information is divided into two stages: bibliometric analysis and content analysis. The bibliometric analysis focused on analyzing the journals, their evolution over time, titles, authors and keywords. In the content analysis, we discussed the disciplines, the nature of the research, the different terminologies and the references adopted. Based on the analysis, we found an increasing number of publications, demonstrating a growing interest in modeling research. In addition, the terminologies analyzed are present in the identifiers of the articles: the titles and the keywords. Also noteworthy is the interdisciplinary nature of modeling research and a greater tendency towards empirical modeling work. The disciplines of Mathematics and Physics are the most relevant in terms of the number of articles, while Chemistry and Biology appear in smaller quantities. Finally, we identified many theoretical references and linked them to the disciplines and terminologies.

Keywords: Modelling; Science and Mathematics Teaching; Literature Review; Model.

SUMÁRIO

Apresentação		**9**
Introdução		**10**
1	**Modelos e Modelagem**	**13**
1.1	Modelos	13
1.2	Modelagem	16
1.3	Ensino Fundamentado em Modelagem	17
1.4	Modelagem Científica	19
1.5	Modelagem Didático-Científica	20
1.6	Modelagem Analógica	21
1.7	Modelagem Matemática	22
1.8	Modelagem Computacional	24
1.9	Resumo das Abordagens	25
2	**Metodologia**	**27**
2.1	Revisão de Literatura	27
2.1.1	Revisão Integrativa de Literatura	28
2.2	Construção do *Corpus* de Pesquisa	30
2.2.1	Passos da Construção do *Corpus*	30
2.3	Extração das Informações	33
2.4	Análise das Informações	34
2.4.1	Análise Bibliométrica	34
2.4.2	Análise de Conteúdo	37
3	**Resultados**	**43**

3.1 Análise Bibliométrica 45

3.2 Análise de Conteúdo 55

Considerações Finais **70**

Referências **74**

Apresentação

Antes de iniciar a discussão desta dissertação, entendendo a importância de me apresentar para o leitor, escreverei algumas palavras sobre o caminho que me levou até este momento. Sou licenciado em Física pela Universidade Federal Fluminense, iniciei minha carreira como professor de ensino médio em 2009, lecionando em escolas particulares e cursos pré-vestibulares. No ano de 2015 ingressei na rede estadual do Rio de Janeiro, através de concurso, onde leciono até a data atual. Durante alguns anos a rotina de professor de ensino médio, passou a ser parte do meu cotidiano. Esta rotina começou a gerar um incômodo e este virou um questionamento do caminho que minha carreira e consequentemente a minha vida estava tomando. A vontade de ir além ficou mais forte e comecei a buscar como poderia chegar a esse ponto fora da rotina. Entendi que era o momento de trilhar novos caminhos, resolvi então fazer uma pós-graduação. Encontrei o curso de Mestrado do PPCTE no CEFET-RJ e na página do curso estava escrito formação interdisciplinar em Ensino de Ciências e Matemática, despertando o meu interesse. O ano era 2020, estávamos no meio da pandemia em quarentena e eu pensando em fazer mestrado. Resolvi me inscrever neste mesmo ano no processo de seleção, que não fui aprovado, acredito que tenha me inscrito para outra linha de pesquisa. Contudo fiquei satisfeito pela experiência que tive ao realizar o processo seletivo, pois não fazia ideia de como seria e segui minha vida com o pensamento de que no ano seguinte eu faria novamente a prova. Em 2021 me inscrevi novamente e desta vez fui aprovado. Iniciando em 2022 minha jornada no mestrado do PPCTE do CEFET-RJ. No ano de 2022 conheci a professora Juliana, ao cursar a disciplina Contribuições da Epistemologia ao Ensino de Ciências. Ao final do trimestre conversei com a professora Juliana sobre orientação e foi então que ela me apresentou trabalhos sobre Modelagem e iniciamos a pesquisa para esta dissertação.

Introdução

O Ensino de Ciências e Matemática compreende uma grande variedade de discussões e diversas possibilidades de metodologias, sendo a Modelagem a abordagem desta pesquisa. Ao reconhecer a importância do tema e considerar o volume significativo de publicações nesta área nas últimas décadas, julgamos oportuno realizar uma revisão da produção científica nacional sobre Modelagem no período de 2001-2022. Esse período foi escolhido por abranger um intervalo de tempo significativo e pela disponibilização digital de artigos em acesso livre em muitas bases de dados. A partir de 2001, essas bases de dados em que os periódicos estão indexados começaram a permitir o acesso livre aos artigos em formato digital, facilitando a coleta de um volume considerável de dados e a realização de uma análise abrangente das pesquisas sobre Modelagem.

Esta revisão de literatura tem como objetivo entender o panorama da produção científica em Modelagem no contexto do Ensino de Ciências e Matemática. A seleção dos artigos foi orientada de acordo com a acessibilidade nas bases de dados e nos portais de periódicos, com o foco em periódicos classificados no estrato A1 pelo sistema de avaliações da CAPES, o Qualis Periódicos. Visto que realizamos um recorte da produção científica sobre Modelagem, estabelecendo como limite os periódicos de maior impacto de acordo com a classificação da CAPES. Esperamos que esta análise ofereça reflexões significativas sobre o tema, além de proporcionar subsídios para as práticas de ensino utilizadas por professores.

Para este estudo, é necessário conhecer o que é um Modelo. De forma breve, Modelo pode ser definido como “a representação de uma ideia, objeto, evento, processo ou sistema” (Krapas *et al*., 1997, p. 192). Como este trabalho foca na área de Ensino de Ciências e Matemática, outro conceito importante é o de Modelos Científicos, que segundo Harrison e Treagust (2000), é uma representação abstrata, simplificada, de um sistema de fenômenos que torna explícitas e visíveis características centrais e pode ser usado para gerar explicações e previsões.

Uma outra definição importante é a da Modelagem, entendida como o processo de construção de Modelos, considerada como “a essência do pensamento científico”

(Benzer; Ünal, 2021, p. 345). A Modelagem é uma parte central da alfabetização científica (Schwarz *et al.*, 2009, p. 632) e uma ferramenta essencial para a produção, avaliação e disseminação do conhecimento científico (Gilbert *et al.*, 2000). Na literatura científica nacional é denominada como “Modelização”, “Modelação” e “Modelamento” (Machado, 2017). De forma que vamos considerar Modelagem segundo Gilbert e Justi (2016), entendida

> [...] como um processo de produção ou construção de modelos (um significado que aparece na maioria dos dicionários comuns) ou como um processo mais amplo (ou mais detalhado) que também inclui o uso ou manipulação de modelos (Gilbert; Justi, 2016, p. 24, tradução nossa).

Entendemos que diversas concepções podem ocasionar diferentes propósitos e abordagens nas atividades de construção de modelos, assim como competências e habilidades diferentes. Constatamos a importância da investigação das diversas formas de abordagem sobre Modelagem para compreender os fundamentos e sistematizar os referenciais e suas concepções.

Para investigar as concepções sobre Modelagem, um campo bastante explorado na área de ensino, com a finalidade de identificar tendências e lacunas de conhecimento nos artigos, além de contribuir com os estudos e as discussões na área, buscamos responder a seguinte pergunta norteadora: *Como se caracteriza a produção científica nos periódicos nacionais do estrato A1 dedicada a Modelagem, no campo do Ensino de Ciências e Matemática?*

Para responder a essa pergunta, temos como objetivo geral: *Entender o desenvolvimento da produção científica nos periódicos nacionais do estrato A1 dedicada a Modelagem, no campo do Ensino de Ciências e Matemática.*

Os objetivos específicos são:

1- Resgate histórico dos trabalhos que investigam Modelos e Modelagem;

2- Mapear a produção científica nos periódicos nacionais do estrato A1 a partir de uma revisão dos artigos selecionados;

3- Analisar os indicadores bibliométricos dos artigos selecionados sobre Modelagem;

4- Identificar nos artigos as disciplinas, a natureza do estudo, os referenciais e a terminologia utilizadas nos trabalhos;

5- Caracterizar a abordagem sobre Modelagem;

6- Categorizar a concepção de Modelagem;

Para atingir esses objetivos e fornecer uma análise compreensiva da produção científica sobre Modelagem, a dissertação está estruturada da seguinte forma: introdução, três capítulos e as considerações finais.

No primeiro capítulo, apresentamos a fundamentação teórica sobre Modelos e Modelagem. No segundo capítulo, descrevemos a metodologia empregada para o desenvolvimento da revisão de literatura, os critérios utilizados para a construção do corpus e o protocolo para a análise de conteúdo.

No terceiro capítulo, discutimos os resultados obtidos na análise de conteúdo, apresentando assim uma sistematização, organização e análise dos dados coletados. Nas considerações finais, buscamos contribuir com o tema Modelagem, propondo estratégias para que as lacunas e áreas menos exploradas possam ser utilizadas pelos professores no aprimoramento de suas práticas de ensino.

1 Modelos e Modelagem

Neste capítulo, abordaremos sobre a Modelagem. Muitos autores consideram que a importância de Modelos e Modelagem para a educação científica, principalmente a partir dos anos 2000, é tão significativa que a habilidade de usar, construir e compreender modelos se tornou central para a compreensão da própria ciência (Gilbert; Boulter, 1998; Greca; Moreira, 2000; Develaki, 2007; Coll; Lajium, 2011; Machado, 2017; Seel, 2017).

A discussão sobre Modelos está presente na história da ciência e na prática científica. Enquanto "a relevância e ubiquidade dos modelos é praticamente unanimidade nos campos da filosofia da ciência e do ensino de ciências, o mesmo não pode ser dito do conceito de modelo e o significado de modelização" (Machado, 2017, p. 56). Assim, conversaremos de forma breve sobre como algumas produções da educação científica conceitualizam Modelos e Modelagem. Destacando algumas das suas Terminologias, termo que estamos utilizando para identificar como os pesquisadores abordam e diferenciam Modelagem.

1.1 – Modelos

Os modelos constituem a base do pensamento científico, segundo Gilbert *et al*. (2000), uma relação entre teoria e modelo fica estabelecida, de forma que modelo é uma leitura de entidades perceptíveis por intermédio das quais as abstrações da teoria talvez sejam conduzidas para suportar alguns aspectos do mundo, em uma tentativa de compreendê-lo. Portanto, com o auxílio dos modelos, predições podem ser feitas, resumos de dados e explicação de resultados. Os modelos são intermediários entre as abstrações da teoria e os dados empíricos (Custódio Filho, 2002, p. 41).

De acordo com Bunge (1974), o conceito de modelo é a pedra fundamental para o entendimento da atividade científica moderna. Bunge (1974), destaca os dois principais sentidos que devem ser considerados para o termo modelo, nas Ciências

Teóricas da natureza e do homem, são: “o modelo enquanto representação esquemática de um objeto concreto e o modelo enquanto teoria relativa a esta idealização” (Bunge, 1974).

Ao introduzir algumas concepções de Modelos, destaca-se que o conceito de Modelo é altamente polissêmico e com ênfase na educação científica torna-se mais fragmentado do que na filosofia da ciência (Machado, 2017). Para Duit e Glynn (1996) os modelos são entidades que, de alguma forma, “representam” alguma coisa, sendo para os autores um conceito mais genérico.

A revisão de Krapas *et al*. (1997), o uso do termo modelo é investigado para traçar um quadro do uso dos sentidos de modelo na literatura internacional em educação em ciências. Krapas *et al*. (1997) a partir da definição de modelo como a representação de uma ideia, objeto, evento, processo ou sistema, e de modelagem como o processo de construção de modelos, elaboraram um conjunto de cinco categorias:

- **Modelo mental:** modelo pessoal, construído pelo indivíduo e que pode se expressar através da ação, da fala, da escrita, do desenho.
- **Modelo consensual:** modelo formalizado rigorosamente, compartilhado por grupos sociais com o propósito de compreender/explicar ideias, objetos, eventos, processos ou sistemas.
- **Modelo pedagógico:** modelo construído com o propósito de promover a educação. No sentido amplo, um modelo pedagógico inclui os processos de mediação didática, isto é, os processos de transformação de conhecimento científico em conhecimento escolar.
- **Meta-modelo:** modelo formalizado rigorosamente, compartilhado por grupos sociais, e construído com o propósito de compreender/explicar o processo de construção e funcionamento de modelos consensuais ou de modelos mentais.
- **Modelagem como objetivo educacional:** enfatiza a promoção da competência em construir modelos como propósito central do ensino de ciências.

Para elaborar este conjunto de categorias, Krapas *et al.* (1997) consideraram as categorias propostas por Gilbert e Boulter (1998). Ao explicar que modelos desempenham um papel significativo na educação científica, dizem que:

> É possível diferenciar entre *sistemas alvo* (que existem na experiência comum e podem ser representados), *modelos mentais* (representações

> pessoais e privadas dos sistemas alvo), *modelos expressos* (que são expressos por um indivíduo através da ação, fala ou escrita), *modelos consensuais* (modelos expressos que foram submetidos a testagem por um grupo social, tais como aqueles tirados da comunidade científica, e sobre os quais concorda-se haver algum mérito) e *modelos de ensino* (modelos especialmente construídos para serem usados como auxílio à compreensão de um modelo consensual) (Gilbert e Boulter, 1998, p. 56, grifos dos autores).

Na introdução desta pesquisa, evidenciamos que o foco está na área de Ensino de Ciências e Matemática. Com base na definição de Modelo Científico de Harrison e Treagust (2000), que enfatiza a importância dos modelos como ferramentas essenciais para representar e simplificar eventos físicos complexos, tornando-os compreensíveis dentro do contexto educacional.

Além disso nos baseamos foi no projeto de Schwarz *et al.* (2009), que visa desenvolver uma progressão de aprendizagem ao envolver os alunos em práticas de modelagem científica. Este projeto possibilita o desenvolvimento de experiência nas práticas de construção e avaliação do conhecimento científico porque visa tornar acessíveis e significativas as práticas científicas básicas para estudantes do ensino fundamental e médio. Schwarz *et al.* (2009, p. 633) afirmam que "a oportunidade de se envolver em modelagem científica é fundamental no desenvolvimento e avaliação de explicações do mundo natural". Isso reforça a ideia de que "os modelos científicos são construções humanas que buscam representar simplificadamente eventos físicos amparadas em teorias gerais" (Heidemann, 2015, p. 21).

Portanto, a revisão sistemática realizada nesta pesquisa tem grande relevância tanto para os professores quanto para estudantes. Para os professores, ela propicia um conhecimento aprofundado sobre as práticas de Modelagem que podem ser implementadas em sala de aula. Para os estudantes, possibilita o desenvolvimento de habilidades científicas básicas por meio de uma abordagem prática e contextualizada. Ao enfatizarmos o papel dos Modelos em simplificar fenômenos complexos, evidenciamos sua relevância como uma ferramenta muito relevante no contexto educacional.

A análise de como os Modelos são aplicados e compreendidos no ensino de Ciências e Matemática evidencia a importância de desenvolver uma forma estruturada para ensinar conceitos científicos, o que possibilita uma contribuição para aprimorar o

pensamento científico dos alunos. O que reforça o papel facilitador dos Modelos para a compreensão de conceitos complexos e proporcionam aos alunos desenvolver a capacidade de pensar e agir cientificamente. Na próxima etapa desta dissertação, iniciaremos uma discussão sobre o processo de construção de modelos, denominado Modelagem, explorando suas diversas abordagens e aplicações educacionais.

1.2 – Modelagem

A Modelagem consiste no processo de construção de modelos, contudo encontramos, na literatura, o mesmo conceito sendo expresso como *modelização, modelação, modelagem e modelamento* (Machado, 2017, p. 58). Este processo consiste na modificação ou criação de um modelo para obter novas situações, a partir de uma mudança de variáveis, permitindo que o modelo seja explorado de outras formas, de acordo com situações novas criadas pela modificação das variáveis, chegando a uma compreensão proporcionada por essas novas situações. De uma forma mais sintetizada a modelagem é "o processo que envolve a obtenção de um modelo" (Biembengut, 1999, p. 20) e é considerada "a essência do pensamento científico" (Benzer; Ünal, 2021, p. 345). Além disso, Schwarz *et al*. (2009) destacam que "A Modelagem é uma parte central da alfabetização científica" (p. 632), sendo uma ferramenta essencial para a produção, avaliação e disseminação do conhecimento científico.

(Gilbert *et al*., 2000) e Gilbert e Justi (2016) enfatizam que a Modelagem é um dos processos essenciais na produção, validação, disseminação e uso do conhecimento científico tendo sua importância enfatizada por pesquisadores em educação científica. Em relação à modelagem, Justi e Gilbert (2002) defendem que a ciência pode ser entendida como um processo de construção de modelos, uma vez que a criação e o uso de modelos são essenciais para o desenvolvimento e divulgação do conhecimento científico. Os autores definem que a modelagem,

> [...] tem sido entendida como um processo de produção ou construção de modelos (significado que aparece na maioria dos dicionários comuns), ou como um processo mais amplo (ou mais detalhado) que inclui também o uso ou manipulação de modelos. Em ambos os casos, trata-se de um processo complexo que tem atraído a atenção de muitos

> estudiosos interessados em como o conhecimento é produzido. (Gilbert e Justi, 2016, p. 24, tradução nossa).

Na busca por um entendimento sobre a Modelagem, descrevemos o pensamento de alguns pesquisadores e enfatizamos a definição de Gilbert e Justi (2016), por ser o conceito que norteou o início desta pesquisa. Nesta revisão encontramos outras definições dentro da Modelagem, quando trata-se de modelos matemáticos e modelos computacionais, por exemplo.

Assim, ficou evidente a necessidade de uma categorização da Modelagem de acordo com as definições analisadas. Para isto, nomeamos esta categoria como Terminologia, organizando as abordagens da Modelagem que identificamos nas pesquisas. Esta categoria surgiu no decorrer da pesquisa, composta por: Modelagem, Modelização, Ensino Fundamentado em Modelagem, Modelagem Científica, Modelagem Didático-Científica, Modelagem Analógica, Modelagem Matemática e Modelagem Computacional.

Nas próximas seções pretendemos conceitualizar essas variações da Modelagem, conforme classificamos acima. Modelagem e Modelização são as terminologias que consideramos com a definição mais fundamental desta pesquisa, diferenciando apenas na forma de escrever. Temos em Paz *et al*. (2006) que "para os autores 'Modelagem' é o termo usado na pesquisa matemática, já 'Modelização', que advem da escola francesa é usada na pesquisa de ensino de física, generalizando para o ensino de Ciências Naturais" (Paz *et al*., 2006, p. 158).

Nas próximas seções pretende-se definir, de acordo com o estudo realizado, as Terminologias adotadas nos artigos sobre Modelagem.

1.3 – Ensino Fundamentado em Modelagem[1]

Como continuação das definições, estamos nos baseando no livro "Modelling-

[1]Inicialmente traduzimos "Modelling-Based Teaching" como "Ensino Baseado em Modelagem", passamos a adotar "Ensino Fundamentado em Modelagem", pois a autora Rosária Justi em seus artigos publicados em português assim o faz.

Based Teaching in Science Education" (Ensino Fundamentado em Modelagem no Ensino de Ciências, de Gilbert e Justi, 2016, tradução nossa). Segundo os autores, o Ensino Fundamentado em Modelos é um processo no qual os modelos são apresentados pelos professores, pelo livro didático ou outra fonte e são usados pelos alunos, e o Ensino Fundamentado em Modelagem é um processo no qual os alunos estão envolvidos, além da utilização, na criação de modelos. Gilbert e Justi (2016) destacam que, no Ensino Fundamentado em Modelos há uma construção de modelos mas com diferença significativa no nível de criatividade e complexidade em comparação ao Ensino Fundamentado em Modelagem, que requer maior envolvimento durante a aprendizagem.

Justi e Gilbert (2002) e Gilbert (2004), identificaram cinco abordagens de aprendizagem sobre modelos e modelização na literatura:

- **Aprender Modelos Curriculares:** A aprendizagem do modelo curricular é o foco do aluno, que podem ser aprendidos com a ajuda de modelos de ensino, tais como analogias, desenhos e outros;
- **Aprender a Usar Modelos:** Quando é dada a oportunidade aos alunos de, ao serem apresentados a um modelo, aplicá-lo em um contexto no qual esse modelo funcionará, resolvendo um problema ou explicando um fenômeno;
- **Aprender a Revisar Modelos:** Ao aprender um modelo, os alunos tem a oportunidade de mudar o modelo para que possa ser utilizado em outro contexto;
- **Aprender a Reconstruir Modelos:** Os alunos recriam um modelo conhecido utilizando um novo modo de representação. Este processo, poderá ser tão criativo que novos detalhes dos modelos podem ser aprendidos;
- **Aprender a Construir Modelos de Novo:** Atividade em que os alunos trabalham sem conhecer previamente o modelo que resultará. Fazendo com que os alunos pensem e respondam questões sobre o objeto que está sendo modelado, decidindo a melhor forma de construir o modelo, realizando testes, refletindo e avaliando os resultados.

Assim, temos cada uma das abordagens caracterizadas, o que não significa que elas sejam excludentes, como os autores destacam. A modelagem é uma atividade que envolve mais de uma dessas características ao mesmo tempo, sendo um processo que inclui movimentos tanto em atividades científicas quanto educacionais. Essas ideias são

sintetizadas pelos autores na Figura 1, que demonstra a evolução da complexidade das abordagens ao se aproximarem do Ensino Fundamentado em Modelagem.

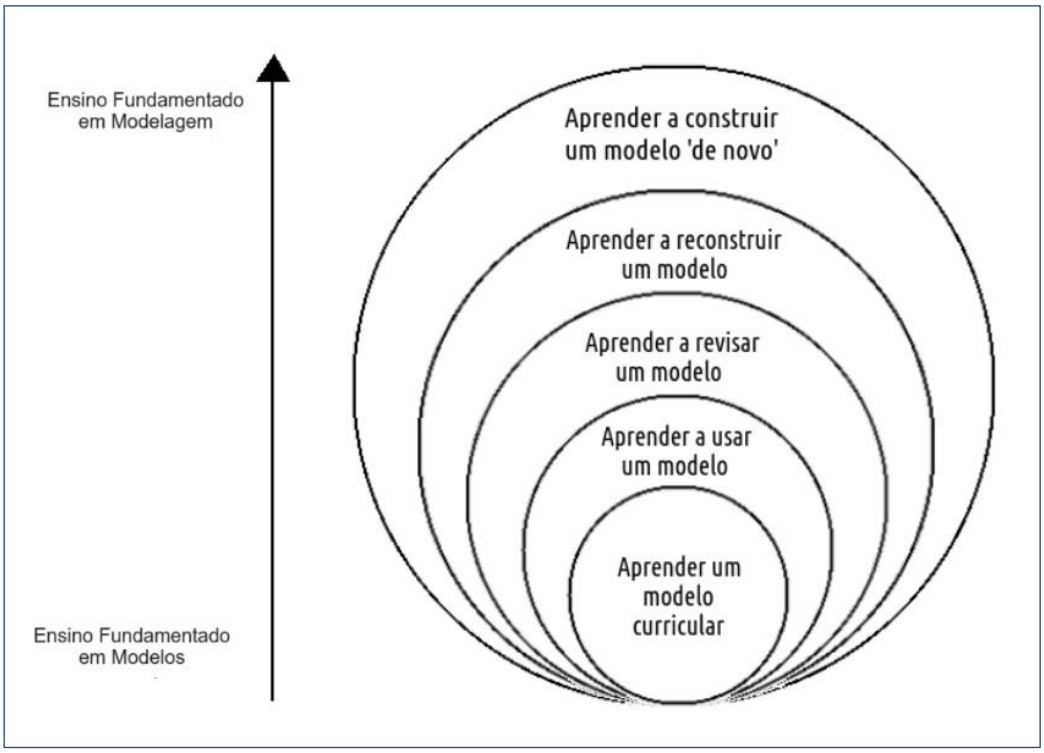


Figura 1 – Abordagens sobre aprendizagem de modelos e modelagem.
Fonte: Traduzida e adaptada de Gilbert e Justi (2016, p. 62), tradução nossa.

1.4 – Modelagem Científica

Outro aspecto importante compreendido na educação científica são os chamados Modelos Científicos. Muitos pesquisadores definem como uma representação abstrata e simplificada de um sistema com o foco em explicar e prever fenômenos científicos (Harrison; Treagust, 2000; Schwarz *et al*, 2009). Em sua tese, Heidemann (2015), ressalta que os modelos científicos podem assumir a posição de mediadores entre teorias e realidade quando os estudantes são envolvidos em atividades em que necessitem explorar e/ou construir modelos científicos com o intuito de compreender a realidade (Heidemann, 2015, p. 13). O processo de construção, de validação, uso e

revisão de modelos científicos é denominado Modelagem Científica.

Heidemann fundamenta sua abordagem de Modelagem Científica na concepção de Mario Bunge, que enfatiza a construção, validação, e revisão contínua de modelos como ferramentas representativas da realidade. Bunge considera a Modelagem Científica como um dos procedimentos centrais do desenvolvimento da ciência (Bunge, 1974). No entanto, para melhor compreender a realidade, Bunge argumenta que é necessário se afastar dela, pois o processo de modelagem é marcado por idealizações e todo modelo teórico é parcial e aproximativo, isto é, fica limitado as particularidades do objeto de estudo.

O processo de modelagem científica "começa pela definição de uma questão que se queira responder sobre algum fenômeno do mundo físico" (Heidemann, 2015, p. 48). Para a resposta desta questão, um objeto-modelo faz-se necessário, também chamado de modelo conceitual. Com uma simplificação do mundo real, os modelos conceituais negligenciam muitos aspectos da realidade. Quando um determinado modelo não apresenta detalhes que podem interessar, é possível melhorá-lo, com esses detalhes, tornando assim o modelo cada vez mais complexo. Bunge ressalta isso dizendo que "a formação de cada modelo começa por simplificações, mas a sucessão histórica dos modelos é um progresso de complexidade" (Bunge, 1974, p. 14).

1.5 – Modelagem Didático-Científica

Ao discutir Modelagem Científica na Física, Brandão, Araújo e Veit (2011), argumentam que a Física faz uso de modelos científicos para representar a realidade. Assim, a compreensão dos conhecimentos em Física depende da habilidade do sujeito em manipular as representações simbólicas e identificar aspectos conceituais do domínio deste conhecimento.

Os modelos didático-científicos, não importando se são avançados ou introdutórios, se as situações do mundo real são complexas ou não e se o sujeito que as modela é um estudante, professor ou cientista. A modelagem científica, no contexto científico ou educacional, torna-se um instrumento teórico-metodológico capaz de

orientar as ações do sujeito e de alguma forma aproximar teoria e realidade. No contexto educacional essa ferramenta pode ser denominada de Modelagem Didático-Científica (Brandão, Araujo e Veit, 2011).

Com uma análise à Modelagem Didático-Científica, Heidemann, Araujo e Veit (2016), constatam que esta ferramenta proporciona uma fundamentação consistente para professores e/ou pesquisadores de Física que procuram atividades de ensino com o enfoque no processo de Modelagem Científica. Os autores ressaltam que se trata do processo de Modelagem Científica em um âmbito geral, não incluindo especificidades do trabalho experimental dentro do campo conceitual da Modelagem Didático-Científica.

1.6 – Modelagem Analógica

Uma outra abordagem a respeito da Modelagem, foi a Modelagem Analógica, como referência temos a pesquisa de Nersessian (1999; 2002; 2008), onde a autora denomina modelagem analógica o processo de elaboração, crítica e reformulação de analogias que pode levar à produção de modelos cada vez mais refinados.

Na pesquisa de Mozzer e Justi (2009), levaram atividades de Modelagem Analógica para os estudantes, seguindo as etapas descritas abaixo:

- **Elaboração:** definir os objetivos da analogia, obter informações sobre a entidade da modelagem e elaborar o modelo mental estabelecendo relações analógicas.

- **Expressão:** expressar verbalmente a analogia criada.

- **Teste:** realizar testes mentais das relações analógicas, caso a analogia falhe, os estudantes tem de reformulá-la ou propor outra.

- **Avaliação:** identificar as limitações e as aplicações da analogia.

Mozzer e Justi (2018) fazem uma comparação entre o processo de modelagem científica e o processo de modelagem analógica, constatando que ambos possuem as mesmas etapas gerais de criação, expressão, crítica e reformulação de modelos e analogias. Destacam que tanto modelos quanto analogias são artefatos de pensamento e as analogias são fontes de modelos. Concluem que o raciocínio analógico é central no

processo cognitivo de modelagem científica e analógica.

Anteriormente tratamos de modelos como sendo representações abstratas, simplificadas e idealizadas de fenômenos, sistemas ou processos do mundo real criadas com o objetivo de explicar, prever ou simular esses fenômenos. Nesse momento, faz-se necessário conceituar analogias como ferramentas pedagógicas que estabelecem uma comparação entre domínio conhecido e um desconhecido, proporcionando a compreensão do novo por meio de semelhanças. A analogia não é uma representação completa do fenômeno, mas uma comparação para auxiliar a visualização e compreensão de aspectos específicos do conceito. Dessa forma, são úteis para explicar conceitos abstratos e complexos ao associá-los a conceitos familiares.

Modelos e analogias são utilizados para simplificar e explicar conceitos complexos, enquanto modelos buscam representar e simular o fenômeno ou sistema, as analogias focam na comparação informal que ajudam o entendimento de um conceito desconhecido com base em algo conhecido. Portanto, ambas são ferramentas com funções distintas no processo de ensino e aprendizagem.

1.7 – Modelagem Matemática

Na revisão feita por Maria Salett Biembengut sobre os 30 anos da Modelagem Matemática na Educação Brasileira, a autora destaca que "o termo 'modelagem matemática' como processo para descrever, formular, modelar e resolver uma situação problema de alguma área do conhecimento encontra-se já no início do século XX na literatura de Engenharia e Ciências Econômicas, por exemplo" (Biembengut, 2009, p. 7). Os primeiros trabalhos sobre Modelagem no Brasil são relatados em Silveira (2007), tem início em meados da década de 70, com os professores Aristides C. Barreto, Ubiratan D'Ambrósio e Rodney C. Bassanezi como principais precursores. De acordo com Biembengut (2009, p. 8), esses precursores iniciaram as discussões sobre "*como se faz* um modelo matemático e *como se ensina* matemática", o que permitiu o surgimento da linha de pesquisa em *modelagem matemática no ensino brasileiro*.

O modelo matemático é descrito por Bassanezi (2002, p. 20) "é um conjunto de

símbolos e relações matemáticas que representam de alguma forma o objeto estudado". D'Ambrósio (2002) argumenta que, ao se referir à Matemática nas escolas, o maior desafio dos matemáticos e educadores matemáticos é integrar a Matemática no pensamento e no mundo moderno e aponta a Modelagem Matemática como um caminho para contribuir para o enfrentamento deste desafio.

A Modelagem Matemática possibilita compreender, analisar e aplicar modelos matemáticos a problemas reais. Com esse pensamento apresentamos como diferentes autores definem a Modelagem Matemática.

- **Barbosa (2001, 2004)** define a Modelagem Matemática como um ambiente de aprendizagem no qual os alunos investigam, por meio da Matemática, situações da realidade.
- **Biembengut e Hein, (2009, p.11)** descrevem Modelagem Matemática como "a arte de expressar, por intermédio da linguagem matemática, situações-problema reais", evidenciando que é um processo que emerge da própria razão e participa da vida como forma de constituição e expressão do conhecimento.
- **Bassanezi (1994)** define como sendo a arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los, interpretando suas soluções na linguagem do mundo real.
- **Almeida e Dias (2004)**, destacam a Modelagem Matemática em sala de aula como uma atividade essencialmente cooperativa, importante para a interação entre os alunos e entre professor e aluno na construção do conhecimento.

No contexto educacional, a Modelagem Matemática pode ser vista como uma maneira de descrever matematicamente fenômeno escolhidos pelos alunos com o auxílio do professor (Borba, 1999). Para Bassanezi (2002), a Modelagem aplicada ao ensino pode ser um caminho para despertar maior interesse, ampliar o conhecimento do aluno e auxiliar na estruturação de sua maneira de pensar e agir. De acordo com Burak (1992), a Modelagem Matemática, na concepção da Educação Matemática, é uma metodologia que facilita o trabalho em grupo, articulando conceitos matemáticos com outras áreas do conhecimento contribuindo para o desenvolvimento dos estudantes.

Essas definições destacam a capacidade da Modelagem Matemática de unir teorias matemáticas com problemas práticos, facilitando para os alunos a compreensão e aplicação dos conceitos matemáticos em situações do cotidiano. A Modelagem

Matemática além de enriquecer o aprendizado teórico, desenvolve habilidades para resolver problemas reais.

1.8 – Modelagem Computacional

Modelagem computacional, segundo Veit e Araújo (2010), é um dos pilares fundamentais do desenvolvimento científico atual. Moreira (2014) afirma que é praticamente impossível considerar a pesquisa em disciplinas como Física, Química e Biologia sem computação e, em particular, sem Modelagem Computacional. Estes autores indicam que compreender como as ciências tem evoluído e que possibilitar a predição, além da observação dos fatos, passa pelo entendimento dos modelos e da prática da Modelagem Computacional. Em relação ao ensino Veit e Araújo (2010) afirmam que Modelagem Computacional pode ser encarada como o processo de construção ou exploração de uma versão computacional de uma representação de um modelo didático-científico.

Na visão de Camiletti e Ferracioli (2001), o caráter dinâmico de seus modelos na Modelagem Computacional tem o objetivo de entender o funcionamento do sistema e prever seu comportamento, testar vários cenários e permitir a análise de processos complexos que dificilmente seriam analisados diretamente.

Na abordagem da modelagem computacional são construídas representações do mundo ou situações abstratas de diferentes áreas. O aluno “compara resultados gerados pela simulação do modelo com resultados obtidos em laboratório, ou construir um modelo a partir de dados obtidos em laboratório, ou, ainda, na análise de séries pretéritas de dados para a previsão de cenários futuros” (Ferracioli *et al*, 2012, p. 697). Esta abordagem proporciona aos estudantes construírem os seus próprios modelos.

Como destacado por Sales *et al*. (2008), “um Ambiente de Modelagem Computacional consiste em uma ferramenta onde os estudantes podem construir modelos a partir de suas próprias concepções sobre um fenômeno ou explorar modelos já prontos” (Sales *et al.*, 2008, p. 6). O uso do computador como recurso didático, permite uma maior interatividade dos alunos com um modelo.

Em sua discussão sobre Modelagem Computacional, Figueira (2005) caracteriza que no ensino de Física tem “o objetivo de ilustrar e questionar o aluno sobre conceitos e modelos físicos. Assim, a Modelagem Computacional constitui um recurso didático no ensino de Física de atualização e enriquecimento as atividades de ensino” (Figueira, 2005, p. 615). Veit (2005) complementa essa perspectiva ao afirmar que a Modelagem computacional “pode se constituir em uma ferramenta cognitiva útil, e quem sabe até indispensável, na aprendizagem de Física nos dias atuais” (Veit, 2005, p. 4). No entanto, Figueira (2005) ressalta a importância dos alunos distinguirem entre simulações e experimentos físicos:

> As ciências são construções humanas com base em observações e conjecturas. Assim, o experimento físico é crucial em todo o desenvolvimento teórico (da ciência). A modelagem ou simulação são modelos teóricos da realidade, com base nessas observações do mundo real. Assim, entende-se que simulações não podem substituir a atividade experimental, e o uso de laboratórios, no ensino, é uma necessidade para que nossos alunos compreendam a atividade científica (Figueira, 2005, p. 615).

A Modelagem Computacional representa uma ferramenta importante no ensino de Ciências, permitindo que estudantes desenvolvam atividades de modelagem, com sistemas complexos representados por modelos matemáticos. Possibilita que testem e explorem diferentes cenários, levando a uma compreensão sobre os fenômenos estudados. Com o devido planejamento a sua “efetiva utilização em sala de aula para que se possa concluir sobre as reais possibilidades de sua integração no cotidiano de sala de aula” (Camiletti e Ferracioli, 2001; Rampinelli e Ferracioli, 2006).

1.9 – Resumo das Abordagens

Neste capítulo, abordamos Modelos e Modelagem. Com uma discussão de como os Modelos são entendidos por diversos autores, destacando as diversas abordagens de Modelagem e suas aplicações na educação científica. A partir do conceito inicial de Modelagem como sendo a construção de um Modelo, identificamos que Modelização e Modelagem não apresentam diferenças conceituais. As abordagens de Modelagem

discutidas foram: Modelagem Analógica, Modelagem Científica, Modelagem Didático-Científica, Modelagem Computacional, Modelagem Matemática e Ensino Fundamentado em Modelagem. Cada uma dessas abordagens tem um papel significativo no ensino de Ciências e Matemática, a escolha entre elas deve estar baseada nos objetivos educacionais e a complexidade dos conceitos a serem examinados.

• *Modelagem Analógica* é um processo de elaboração, crítica e reformulação de analogias para explicar fenômenos complexos, comparando com sistemas ou processos mais simples.

• *Modelagem Científica* é um processo central para a ciência, envolvendo a construção, validação e revisão contínua de modelos. Esta abordagem é essencial para o desenvolvimento de habilidades científicas avançadas e para compreensão de fenômenos complexos.

• *Modelagem Didático-Científica* é uma abordagem que integra a modelagem científica com práticas pedagógicas, ajustando modelos científicos para o contexto educacional, fazendo com que os modelos sejam mais acessíveis para os estudantes, facilitando a compreensão através de um enfoque educativo.

• *Modelagem Computacional* envolve a criação e uso de modelos digitais para simular fenômenos complexos.

• *Modelagem Matemática* é definida como o processo de utilizar a matemática para representar, analisar e resolver problemas reais, transformando problemas do mundo real em problemas matemáticos e interpretando as soluções matemáticas.

• *Ensino Fundamentado em Modelagem* é uma abordagem dinâmica na qual os alunos estão ativamente envolvidos na criação, uso e revisão de modelos.

Como podemos verificar a partir dessa discussão sobre as abordagens da Modelagem, fica evidente a flexibilidade da Modelagem como ferramenta educacional, adequada a diferentes níveis de ensino e diversas disciplinas, promovendo um aprendizado mais profundo e contextualizado.

2 Metodologia

O objetivo deste capítulo é explicar a metodologia utilizada para desenvolver esta dissertação. Para isto o caminho escolhido foi o da revisão de literatura, a partir do qual o método verificado como mais adequado para esse trabalho foi o da revisão integrativa de literatura. Este capítulo é dividido de forma que iniciamos explicando os conceitos da revisão de literatura e da revisão integrativa. Seguido de uma descrição dos passos utilizados para a construção do *corpus* da pesquisa e da extração dos dados, divididos em dois momentos. No primeiro momento, extraímos os dados para a análise bibliométrica, que são: título, periódico, ano de publicação, autores e palavras-chave. No segundo momento, que consiste na extração dos dados para a análise de conteúdo, descrevemos os critérios de categorização das informações que serão analisadas no próximo capítulo, que são: disciplina, terminologia, natureza da pesquisa e referencial.

2.1 – Revisão de Literatura

Para desenvolver a pesquisa proposta nesta dissertação, aplicamos a metodologia da revisão de literatura, que consiste em um processo de busca, análise e descrição de um corpo de conhecimento em busca de uma resposta a uma pergunta específica. Em Echer (2001, p. 6), a autora afirma que a revisão de literatura é fundamental na elaboração do trabalho científico, para ter uma definição e um maior entendimento do problema a ser resolvido. Um projeto de pesquisa só pode ser elaborado quando se tem o problema, os objetivos, o plano de coleta e a análise de dados bem formulados e determinados.

A revisão de literatura permite ao pesquisador um embasamento teórico sobre o tema e a metodologia a ser utilizada. Além disso, oferece ao pesquisador uma ideia do que já foi estudado e do que ainda necessita ser pesquisado. Nesse contexto, a revisão de literatura auxilia na captação de fontes para novas investigações, orienta em relação aos problemas pouco pesquisados e o que já é conhecido. Ela se aplica tanto a pesquisas

qualitativas e quantitativas (Echer, 2001). Para esta dissertação o método de pesquisa escolhido foi a da revisão integrativa da literatura, que consiste na construção de uma análise ampla da literatura, tendo como finalidade reunir e sintetizar resultados de pesquisas sobre um delimitado tema ou questão, de maneira sistemática e ordenada, contribuindo para o aprofundamento do conhecimento do tema investigado (Mendes, Silveira e Galvão, 2008, p. 759). A revisão integrativa surgiu como uma alternativa para revisar rigorosamente e combinar estudos com diversas metodologias, integrando resultados de pesquisas experimentais e não experimentais.

2.1.1 – Revisão Integrativa de Literatura

O método de revisão integrativa combina dados da literatura teórica e empírica, o que possibilita uma análise mais ampla, com diferentes finalidades e direcionamentos, como definir conceitos, revisar teorias ou analisar os estudos incluídos de um determinado tópico. Uma composição variada da amostra da revisão integrativa em conjunção com a multiplicidade de finalidades deste método proporciona como resultado um quadro completo de conceitos complexos, de teorias ou problemas. A inclusão de múltiplos estudos com diferentes delineamentos de pesquisa, seria um complicador para a análise, no entanto uma maior variedade de amostras pode potencializar a profundidade e abrangência da conclusão da revisão, tornando assim a contribuição com maior riqueza.

A elaboração de uma revisão integrativa passa por seis etapas, descreveremos de forma sucinta de acordo com os apontamentos de Mendes, Silveira e Galvão (2008):

Primeira etapa: identificação do tema e seleção da hipótese ou questão de pesquisa para a elaboração da revisão integrativa.

- Escolha e definição do tema
- Objetivos
- Identificar palavras-chave

Segunda etapa: estabelecimento de critérios para inclusão e exclusão de estudos/amostragem ou busca na literatura.

- Estabelecimentos dos critérios de inclusão e exclusão
- Uso de base de dados
- Seleção dos estudos

Terceira etapa: definição das informações a serem extraídas dos estudos selecionados/categorização dos estudos.

- Extração das informações
- Organizar e sumarizar as informações
- Formação do banco de dados

Quarta etapa: avaliação dos estudos incluídos na revisão integrativa.

- Aplicação de análises estatísticas
- Inclusão/Exclusão de estudos
- Análise crítica dos estudos selecionados

Quinta etapa: interpretação dos resultados.

- Discussão dos resultados
- Propostas de recomendações
- Sugestões para futuras pesquisas

Sexta etapa: apresentação da revisão/síntese do conhecimento.

- Resumo das evidências disponíveis
- Criação de um documento que descreva detalhadamente a revisão

A revisão integrativa é um método de pesquisa que proporciona a identificação dos profissionais que mais investigam os temas escolhidos, permite a distinção entre opiniões e achados científicos, contribuindo para que o leitor conheça o estado atual da pesquisa. Dessa forma, Mendes, Silveira e Galvão (2008), acreditam que a revisão integrativa é uma ferramenta importante no processo de comunicação dos resultados de pesquisas, uma vez que proporciona uma síntese do conhecimento já produzido e fornece subsídios para a melhoria na área estudada.

2.2 – Construção do *corpus* da pesquisa

Na Introdução deste trabalho apresentamos nossa pergunta de pesquisa, “Como se caracteriza a produção científica nos periódicos nacionais do estrato A1 dedicada a Modelagem, no campo do Ensino de Ciências e Matemática?”, e como objetivo geral nos propomos a “Entender o desenvolvimento da produção científica nos periódicos nacionais do estrato A1 dedicada a Modelagem, no campo do Ensino de Ciências e Matemática”.

Nesta etapa iniciamos o processo de construção do *corpus* de pesquisa. Seguimos quatro passos na seleção das publicações científicas que compõem nosso corpo de análise documental, considerando que essa é uma fonte de informações reconhecida pela comunidade científica, buscamos periódicos onde os manuscritos são revisados por pares antes das publicações.

2.2.1 – Passos da construção do *corpus*

No primeiro passo delineamos que o foco da pesquisa seria em publicações feitas no Brasil, sendo assim, o método para determinar quais periódicos fariam parte do corpo da pesquisa seria com base no sistema de avaliação de periódicos científicos organizado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

(CAPES), fundação vinculada ao Ministério da Educação, que é o Qualis Periódicos. Dessa forma, será levada em consideração a avaliação mais recente, referente ao quadriênio 2017-2020, divulgada na plataforma Sucupira da CAPES.

No segundo passo foi realizada a seleção dos periódicos de acordo com os seguintes critérios:

1- devem estar classificados no estrato A1 na área de Ensino;

2- ter amplo alcance nacional;

3- publicar, principalmente, em língua portuguesa;

4- contemplar produções referentes ao Ensino de Ciências, Educação Científica, Educação em Ciências, Ensino de Biologia, de Física, de Matemática ou de Química.



Figura 2: Seleção dos Periódicos

Fonte: Elaborado pelo autor

Na Figura 2, estão representados os passos utilizados para a seleção dos periódicos. A partir da Plataforma Sucupira, inicialmente foram identificados 4170 periódicos na área de ensino, com 564 periódicos no estrato A1, sendo que desses 184 foram identificados de forma individual como de produção nacional. Para termos uma lista de periódicos final, foi necessário verificar a partir de uma pesquisa nos portais dos periódicos, os que tem como foco principal o Ensino de Ciências, Educação Científica, Educação em Ciências, Ensino de Biologia, de Física, de Matemática ou de Química, obtendo assim um total de 11 periódicos no estrato A1 do Qualis da CAPES. Os periódicos selecionados estão relacionados na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1: Lista de Periódicos e Ano da Primeira Publicação

Periódicos	**Ano**
BOLEMA: Boletim de Educação Matemática - (BOLEMA)	1985
Caderno Brasileiro de Ensino de Física - (CBEF)	1984
Ciência & Educação - (Cienc. Edu)	1995
Educação Matemática Pesquisa - (EMP)	1999
Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências - (Ensaio)	1999
Investigações em Ensino de Ciências - (IENCI)	1996

Revista Areté – Revista Amazônica de Ensino de Ciências	2008
Revista Brasileira de Ensino de Física - (RBEF)	1979
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências - (RBPEC)	2001
Revista de Ensino de Biologia - (REnBio)	2005
Revista Internacional de Pesquisa em Educação Matemática - (RIPEM)	2011

Fonte: Elaborado pelo autor.

No terceiro passo, foram definidos os termos de pesquisa[2], de acordo com o tema proposto, "modelagem"; "modelização"; "ensino baseado em model*"; "construção de model*"; "atividade de model*"; "episódio de model*"; "ensino fundamentado em model*" nos campos de busca "Título"; "Resumo" e "Palavras-chave" utilizando o operador *booleano* "OR".

No quarto passo, uma pesquisa foi realizada nas bases de dados Web Of Science, Scopus e DOAJ, que são indicadas pela CAPES como indexadoras dos principais periódicos na área de Ensino. Os periódicos que apresentaram resultados na Web Of Science, buscando em SciELO Citation Index, foram *BOLEMA: Boletim de Educação Matemática; Ciência & Educação*; *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências* e *Revista Brasileira de Ensino de Física*. A segunda base de dados pesquisada foi a Scopus, apresentando resultados do periódicos *BOLEMA: Boletim de Educação Matemática*; *Investigações Em Ensino de Ciências* e *Revista Brasileira de Ensino de Física*. A terceira base de dados foi a DOAJ com os periódicos *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*; *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* e *Revista de Ensino de Biologia (REnBIO)*. Os periódicos *Revista Areté – Revista Amazônica de Ensino de Ciências*; *Educação Matemática Pesquisa* e *Revista Internacional de Pesquisa em Educação Matemática* não apresentaram resultados nessas bases de dados. Para solucionar a ausência de resultados destes periódicos, foi realizada uma busca nos portais dos periódicos e no Google Scholar. A razão é de apresentarem resultados de busca em todo o conteúdo das publicações, sendo necessária uma leitura prévia dos campos de busca determinados no terceiro passo, "Título"; "Resumo" e "Palavras-

[2] A palavra "modelo" por ser muito utilizada em diversos campos de pesquisa, não foi incluída na lista de termos de pesquisa, o que foi verificado em testes de pesquisa realizados anteriormente, obtendo assim um número de resultados com focos diversos além do Ensino de Ciências e Matemática.

chave", possibilitando assim termos resultados para estes periódicos.

Outra dificuldade encontrada foi que as bases de dados utilizadas para a realização da busca nos periódicos apresentaram lacunas temporais devido a data de indexação dos periódicos. Como solução para o problema com os periódicos que não apresentaram resultados, após a realização da busca nas bases, verificamos o período em que foram apresentados os resultados e comparamos com o período de publicação dos periódicos. Ao constatar uma diferença entre esses resultados, viu-se a necessidade de realizar uma busca nos portais dos periódicos ou no Google Scholar, que são buscadores com um menor grau de refinamento e demandaram uma leitura dos campos selecionados, sendo que nas outras bases de dados ocorreu de forma automática.

Assim, concluímos a seleção dos artigos que compõem o *corpus* desta pesquisa. A partir dos critérios estabelecidos nos quatro passos descritos anteriormente, obtivemos um total de 248 artigos dos periódicos selecionados. Esta seleção assegura que nossa amostra seja abrangente e representativa das publicações sobre Modelagem no ensino de Ciências e Matemática. Com este processo, estamos preparados para avançar para a próxima etapa da revisão integrativa, a etapa da definição das informações a serem extraídas dos estudos selecionados, organização das informações e a formação de um banco de dados.

2.3 – Extração das informações

Após a seleção dos 248 artigos, as primeiras informações extraídas foram catalogadas em uma planilha no programa Microsoft Excel, formando assim um banco de dados com as informações bibliométricas, que são:

1) Título;
2) Periódico;
3) Ano de publicação;
4) Autores;
5) Palavras-chave.

A partir da leitura direcionada dos artigos, constatamos a utilização dos termos “Modelagem” ou “Modelização” fora do contexto definido no Capítulo 1. Além disso, alguns artigos não faziam o uso de referenciais sobre Modelagem. Como resultado, excluímos 80 artigos por esses motivos. Assim, nosso *corpus* final consiste em 168 artigos para análise. Observamos que alguns desses artigos excluídos apresentavam a modelagem no sentido de modelar um objeto físico, por exemplo, a discussão sobre a modelagem de um sino.

Desta lista final de 168 artigos, além dos dados iniciais, foram extraídos os seguintes dados: a disciplina, a terminologia, a natureza do estudo e o referencial. E incluídos no banco de informações criado anteriormente.

Na próxima seção, serão explicados os critérios utilizados para categorizar os dados com base na leitura dos artigos.

2.4 – Análise das informações

A análise das informações extraídas dos artigos, está dividida em dois momentos. No primeiro momento, realiza-se a análise bibliométrica dos dados catalogados inicialmente. Esses dados são: título; periódico; ano de publicação; autores e palavras-chave. O segundo momento consiste na análise de conteúdo das informações extraídas após a leitura direcionada dos artigos, focando em disciplina; terminologia; natureza e referencial.

2.4.1 – Análise bibliométrica

A análise bibliométrica é um método que pode auxiliar os pesquisadores ao permitir explorar, organizar e analisar grande quantidade de dados, ajudando a encontrar padrões. Este método busca evidenciar quantitativamente dados estatísticos, por meio da contagem de documentos, vindos de um conjunto de materiais, o que estabelece uma

organização das informações e do conhecimento científico, proporcionando possíveis indicações sobre a evolução da pesquisa no tema escolhido.

Nesta dissertação, utilizamos três programas diferentes para auxiliar na análise bibliométrica: Microsoft Excel, IRaMuTeQ e VOSviewer. Apresentamos a seguir, um breve resumo da utilização desses programas.

- **No Microsoft Excel**, utilizamos a sua estrutura de planilhas para organizar os dados bibliométricos obtidos pela leitura nos dois momentos da seção anterior. Os recursos utilizados foram a criação de tabelas, gráficos e listas, com o intuito de auxiliar na análise dos dados.

- **O IRaMuTeQ** é um programa de análise textual baseado em estatísticas. Oferece cinco possiblidades: I) Estatísticas (análises lexicográficas), II) Especificidades e AFC, III) Classificação (método de Reinert), IV) Análise de Similitude e V) Nuvens de Palavras. Essas análises podem ser realizadas tanto a partir de um grupo de textos a respeito de uma determinada temática (*corpus* textual) reunidos em um único arquivo de texto; como a partir de matrizes com indivíduos em linha e palavras em coluna, organizadas em planilhas.

Com o auxílio do IRaMuTeQ analisamos os Títulos dos artigos, que foram organizados de acordo com o tutorial do programa. Ao utilizar as análises textuais Estatísticas e Nuvens de palavras. Segue abaixo, a explicação contida no tutorial do IRaMuTeQ:

> **Estatísticas** – identifica e reformata as unidades de texto, transformando textos em segmentos de texto (ST), identifica a quantidade de palavras, frequência média e *hápax* (palavras com frequência igual a um) ou lematiza[3], cria do dicionário de formas reduzidas, identifica formas ativas e suplementares.
>
> **Nuvem de palavras** – agrupa as palavras e as organiza graficamente em função da sua frequência. Elas são apresentadas com tamanhos diferentes: as palavras maiores são aquelas com maior frequência (ou outro indicador escolhido) no *corpus*, e as menores apresentam frequência inferiores. As primeiras são colocadas no centro do gráfico.
>
> É uma análise lexical bem simples. Porém ela é graficamente

[3] Lematizar significa transformar várias flexões (de número, de gênero, etc.) ou lexemas de uma palavra no seu lema ou base comum. Neste programa os substantivos são reduzidos ao masculino singular, os verbos ao infinitivo e os adjetivos ao masculino singular.

> interessante, pois fornece uma ideia inicial do conteúdo do material textual (Camargo e Justo, 2021).

Com essas análises de dados textuais, é possível termos de forma organizada e compreensível, indicadores e visualizações com representações gráficas pautadas nas análises utilizadas no texto.

- **O VOSviewer** é uma ferramenta de programação para criação de mapas com base em dados de rede e para visualizar e explorar esses mapas. A funcionalidade do VOSviewer pode ser resumida da seguinte forma:

> • *Criação de mapas com base em dados de rede*. Um mapa pode ser criado com base em uma rede já disponível, mas também é possível construir primeiro uma rede. O VOSviewer pode ser usado para construir redes de publicações científicas, revistas científicas, pesquisadores, organizações de pesquisa, países, palavras-chave ou termos. Os itens nessas redes podem ser conectados por coautoria, coocorrência, citação, acoplamento bibliográfico ou links de cocitação. Para construir uma rede, arquivos de banco de dados bibliográficos (ou seja, arquivos Web of Science, Scopus, Dimensions, Lens e PubMed) e arquivos do gerenciador de referência (ou seja, arquivos RIS, EndNote e RefWorks) podem ser fornecidos como entrada para o VOSviewer. Alternativamente, o VOSviewer pode baixar dados por meio de uma API (ou seja, API OpenAlex, API Crossref, API Europe PMC e várias outras).
>
> • *Visualizando e explorando mapas*. O VOSviewer fornece três visualizações de um mapa: a visualização de rede, a visualização de sobreposição e a visualização de densidade. A funcionalidade de zoom e rolagem permite que um mapa seja explorado com todos os detalhes, o que é essencial ao trabalhar com mapas grandes contendo milhares de itens (Van Eck. e Waltman, 2003, p. 3, tradução nossa).

Os dados analisados no VOSviewer foram os autores e as palavras-chave. Informações obtidas da exportação de dados do programa Mendeley Reference Manager, criando um arquivo do tipo RIS (Research Information Systems). Esse tipo de arquivo permite que os dados dos artigos sejam analisados no VOSviewer. Com essas informações foram criados dois mapas: um mapa a partir das informações de autorias, realizando a análise de coautoria[4], e um segundo mapa de coocorrência[5] de palavras-chave.

[4] Análise de coautoria: A relação dos itens (autores) é determinada com base no número de documentos em coautoria.

[5] Análise de coocorrência: a relação dos itens é determinada com base no número de documentos em que ocorrem junto (VOSviewer).

Os resultados obtidos com o uso desses programas serão apresentados no Capítulo 3, onde analisamos os dados dos artigos que constituem o *corpus* dessa dissertação.

2.4.2 – Análise de conteúdo

Para realizarmos a análise dos artigos selecionados, adotamos a metodologia da análise de conteúdo, seguindo os princípios propostos por Bardin. A análise de conteúdo nasceu do positivismo, tendo como sua abordagem principal a quantitativa, mas suas características e abordagens evoluíram significativamente nas últimas décadas do século passado, "atingindo novas e mais desafiadoras possibilidades na medida em que se integra cada vez mais na exploração qualitativa de mensagens e informações" (Moraes, 1999, p. 7).

A análise de conteúdo é uma técnica metodológica com aplicação de diferentes formas de comunicação sem depender do comunicante. Com uma abordagem sistemática e robusta para examinar dados qualitativos, permitindo uma compreensão aprofundada dos temas. Consiste em um método utilizado para reduzir um texto, mensagem ou fragmento em partes menores que possam ser avaliadas, codificadas e analisadas. Segundo Bardin (1977), o funcionamento e o objetivo da análise de conteúdo, pode ser resumido como,

> um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (Bardin, 1977, p. 44).

A análise de conteúdo constitui uma metodologia que conduz a uma descrição e interpretação de documentos e textos. Nos levando a realizar um "esforço de interpretação, a análise de conteúdo oscila entre os dois polos do rigor da objetividade e da fecundidade da subjetividade" (Bardin, 1977). Fornece descrições sistemáticas, qualitativas ou quantitativas, o que possibilita reinterpretações das mensagens e uma compreensão dos significados que vai além de uma leitura comum.

Ao longo do tempo tem se valorizado mais as abordagens qualitativas, sendo bem mais que uma simples técnica de análise de dados. O processamento dos dados na análise de conteúdo é feito por procedimentos especiais. A investigação pode ser feita de diferentes perspectivas, conforme Krippendorf, 1990:

> Em qualquer mensagem escrita, simultaneamente, podem ser computadas letras, palavras e orações; podem categorizar-se as frases, descrever a estrutura lógica das expressões, verificar as associações, denotações, conotações e também podem formular-se interpretações psiquiátricas, sociológicas ou políticas. (Krippendorf, 1990, p. 30).

A análise de conteúdo, segundo Olabuenaga e Ispizúa (1989), é uma técnica para ler e interpretar o conteúdo de toda classe de documentos, que analisados adequadamente nos abrem portas ao conhecimento de aspectos e fenômenos da vida social de outro modo inacessíveis.

Na sua vertente qualitativa, a análise de conteúdo busca captar o sentido simbólico de um texto, que muitas vezes não possui apenas um significado, encontrando assim textos com muitos significados, como Olabuenaga e Ispizúa (1989, p. 185) descrevem:

> a) o sentido que o autor pretende expressar pode coincidir com o sentido percebido pelo leitor do mesmo; b) o sentido do texto poderá ser diferente de acordo com cada leitor; c) um mesmo autor poderá emitir uma mensagem, sendo que diferentes leitores poderão captá-la com sentidos diferentes; d) um texto pode expressar um sentido do qual o próprio autor não esteja consciente.

Quando se trata dos objetivos de pesquisa, é necessário que sejam delimitados e explicitados de forma compreensível, para que os dados sejam efetivamente significativos para a pesquisa. Os objetivos podem ser categorizados de maneiras diversas na análise de conteúdo. Entretanto,

> historicamente estes têm sido definidos em seis categorias, levando em consideração os aspectos intrínsecos da matéria prima desta análise, do contexto a que as pesquisas se referem e das inferências pretendidas. Esta classificação se baseia numa definição original de Laswell, em que este caracteriza a comunicação a partir de seis questões: 1) Quem fala? 2) Para dizer o que? 3) A quem? 4) De que modo? 5) Com que finalidade? 6) Com que resultados? Utilizando esta definição podemos categorizar os objetivos da análise de conteúdo de acordo com a orientação que toma em relação a estas seis questões. (Moraes, 1999, p. 3)

Após a definição dos objetivos de uma análise de conteúdo, não significa uma limitação apenas a esta categoria, ela pode ter mais de uma questão para seguir. De acordo com os objetivos propostos, os métodos, as técnicas de análise e a percepção do conteúdo podem variar significativamente.

Com a pretensão de extrair informações relevantes dos artigos selecionados e compreender as tendências e diálogos na área de Ensino de Ciências e Matemática, particularmente no contexto da Modelagem, a análise de conteúdo oferece um quadro metodológico robusto para examinar a produção acadêmica de maneira aprofundada e sistemática. O objetivo é analisar as informações relacionadas às disciplinas, terminologias, natureza dos estudos e referenciais utilizados nos artigos selecionados, considerando os objetivos de caracterizar a abordagem utilizada de Modelagem e categorizar as concepções de Modelagem. A seguir, apresentamos os critérios utilizados para classificar os artigos de acordo com as categorias analisadas.

As **Disciplinas** foram classificadas de acordo com as áreas de conhecimento em que as pesquisas foram desenvolvidas. Em nossa pesquisa inicialmente as áreas de conhecimento foram definidas como Ensino de Biologia, Ensino de Ciências, Ensino de Física, Ensino de Matemática e Ensino de Química. Durante a leitura dos artigos incluímos Astronomia e Estatística. Apesar de apresentarem um número menos expressivo de artigos, essas disciplinas foram nomeadas separadamente devido às suas características únicas e por representarem pesquisas distintas das outras áreas.

A classificação dos artigos foi de acordo com o relato dos autores, de forma que identificavam explicitamente a disciplina abordada em suas pesquisas. Alguns estudos não especificavam uma disciplina e outros apresentavam pesquisas multidisciplinares, nesses casos os artigos foram classificados como Ensino de Ciências.

As **Terminologias** foram classificadas durante a leitura dos artigos, identificadas de acordo com as explicações dos autores. Essa abordagem não exigiu a leitura integral dos artigos, baseada na análise das definições apresentadas em cada trabalho. Durante esse processo, foram identificados muitos termos, como “Episódio de Modelagem” e “Atividade de Modelagem”, utilizados para realizar a busca, e outros termos identificados durante a classificação, como “Ciclo de Modelagem” e “Ambiente de

Modelagem". No entanto, esses termos não foram classificados como Terminologias, como categorizamos nesta pesquisa, pois identificamos como parte de trabalhos com uma outra Terminologia. O termo Ciclo de Modelagem consta em pesquisas que utilizam o referencial de Hestenes, mas com a Terminologia classificada como "Modelagem Científica".

No capítulo 1 apresentamos um resumo das Terminologias que identificamos nesta pesquisa. A lista abaixo de Terminologias classificadas dos artigos analisados, além das identificadas no capítulo 1, inclui "Modelização". Esta Terminologia não consta no resumo anterior, pois em nosso entendimento apresenta a mesma definição de "Modelagem". No entanto, a principal diferença entre as duas Terminologias está que a "Modelização" é frequentemente utilizada nos artigos nas áreas de Biologia, Ciências, Física e Química.

- Ensino Fundamentado em Modelagem - EFM;
- Modelagem - MG;
- Modelagem Analógica - MA;
- Modelagem Científica - MC;
- Modelagem Computacional - MCO;
- Modelagem Didático-Científica - MDC;
- Modelagem Matemática - MM;
- Modelização - MZ.

Quanto à **Natureza** dos estudos, a classificação dos artigos foi detalhada em quatro categorias, que refletem as abordagens metodológicas e os tipos de contribuições feitas pelos artigos. Assim, os artigos foram classificados nas seguintes categorias:

- **Pesquisa:** quando um artigo desenvolve uma metodologia, contendo questões de pesquisa, análise dos dados e apresentação de resultados. Dentro desta categoria temos estudos quantitativos e qualitativos que utilizam métodos sistemáticos para explorar novas práticas e teorias no ensino;
- **Reflexão teórica:** quando um artigo desenvolve um argumento sobre o tema ou discute um conceito específico na educação, sem a aplicação de uma

metodologia empírica. Este tipo de artigo é essencial na construção ou reavaliação de referenciais teóricos e contribuem na contextualização de novas pesquisas, ajudando o desenvolvimento teórico e a compreensão de processos de ensino e aprendizagem;

- **Relato de experiência:** quando o artigo relata uma atividade sendo implementada, sem o desenvolvimento de uma metodologia formal como uma pesquisa. Estes relatos fornecem conhecimentos práticos e aprendizados a partir da experiência, possibilitando que novas práticas sejam compartilhadas e resultados sejam alcançados no contexto do ensino de Ciências e Matemática;
- **Revisão de literatura:** quando um artigo revisa e sintetiza a literatura existente sobre temas específicos. Estes artigos discutem um escopo selecionado de estudos em busca de uma visão do estado atual do conhecimento, de identificar tendências e lacunas. Portanto as revisões de literatura são importantes para mapear um determinado campo e direcionar novas pesquisas.

O **Referencial Teórico** é fundamental nos estudos acadêmicos, fornecendo um resumo de discussões realizadas por outros autores acerca do objeto de estudo, tendo como objetivo proporcionar um embasamento teórico que orienta a pesquisa e uma articulação com o tema desenvolvido. Os artigos foram classificados de acordo com os referenciais teóricos identificados durante a leitura direcionada e inseridos na planilha para serem analisados. Não foram estabelecidas categorias prévias para os referenciais teóricos, pois a Modelagem é um assunto com ampla literatura e uma variedade de referências. Assim, as categorias que apresentaremos nos resultados vem da leitura direcionada dos artigos.

Durante a classificação alguns artigos foram classificados como "**Sem Referencial**", indicando a ausência de uma base teórica explícita. Enquanto outros artigos seguiram o caminho oposto, apresentando vários referenciais sem estabelecer um específico, assim classificamos esses artigo como referencial "**Indefinido**". Muitos artigos de **Revisão de Literatura** foram classificados como "**Indefinido**", o que pode ser justificado pela natureza abrangente e integrativa dessa metodologia de pesquisa.

Assim concluímos a descrição da metodologia desta pesquisa, no próximo capítulo apresentamos e discutimos os resultados construídos durante as análises.

3 Resultados

No capítulo anterior, indicamos o caminho percorrido para a seleção dos artigos e a extração das informações para esta pesquisa. Neste capítulo, analisamos os artigos em duas etapas: inicialmente, realizamos uma análise bibliométrica, seguida de uma análise de conteúdo. A partir da busca inicial foram encontrados 248 artigos publicados entre 2001 e 2022 nos periódicos selecionados, conforme descrito na seção 2.2, onde foram delineados os passos para a construção do *corpus* da pesquisa. A Tabela 2, apresentada a seguir, lista os periódicos analisados, o número de artigos publicados em cada periódico e a porcentagem de cada periódico em relação ao número total de artigos.

Tabela 2 – Quantidade total de artigos publicados por periódico (2001-2022).

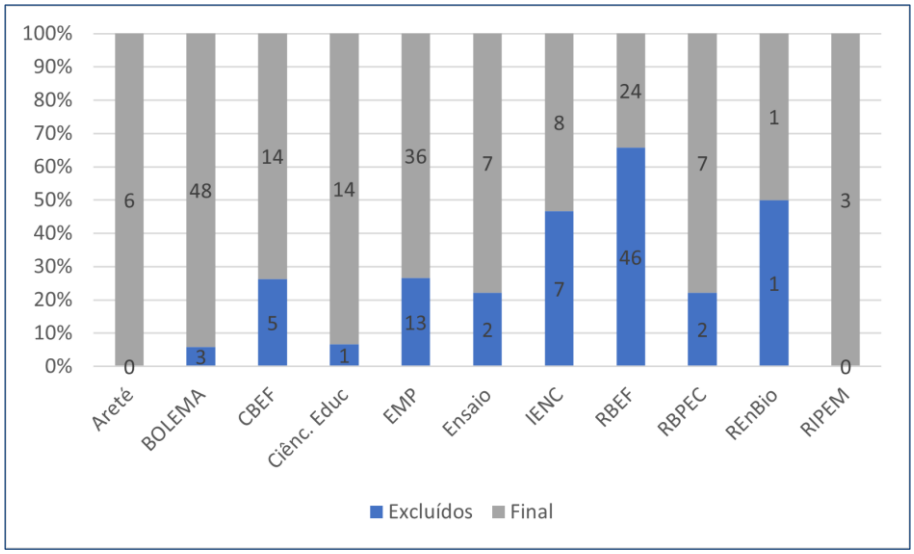
Periódico	**Artigos**	**%**
Revista Brasileira de Ensino de Física	70	28%
BOLEMA: Boletim de Educação Matemática	51	21%
Educação Matemática Pesquisa	49	20%
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	19	8%
Ciência & Educação	15	6%
Investigações em Ensino em Ciências	15	6%
Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências	9	4%
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	9	4%
Revista Areté – Revista Amazônica de Ensino de Ciências	6	2%
Revista Internacional de Pesquisa em Educação Matemática	3	1%
Revista de Ensino de Biologia	2	1%
Total	**248**	**100%**

Fonte: Elaborado pelo autor

Após catalogar os 248 artigos, realizamos uma leitura direcionada, identificando 80 artigos que utilizam o termo “Modelagem” fora do contexto definido no Capítulo 1. Por esse motivo, esses artigos foram excluídos. Assim, nosso *corpus* passou a ser composto por 168 artigos focados em “Modelagem” conforme norteado nesta

dissertação. Apresentamos abaixo o Gráfico 1, que mostra o número de artigos excluídos em cada periódico e o número final de artigos por periódico.

Gráfico 1 – Artigos excluídos e número final



Fonte: Elaborado pelo autor.

Destacamos que 46 artigos foram excluídos na RBEF, pois muitos artigos utilizam o termo “Modelagem” com significados distintos daqueles definidos no Capítulo 1. Abaixo, na Tabela 3, apresentamos o número total de artigos por periódico, com a porcentagem relativa ao total de artigos após essas exclusões.

Tabela 3 – Quantidade de artigos publicados por periódico após exclusão (2001-2022).

Periódico	**Artigos**	**%**
BOLEMA: Boletim de Educação Matemática	48	29%
Educação Matemática Pesquisa	36	21%
Revista Brasileira de Ensino de Física	24	14%
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	14	8%
Ciência & Educação	14	8%
Investigações em Ensino em Ciências	8	5%
Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências	7	4%
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	7	4%

Revista Areté – Revista Amazônica de Ensino de Ciências	6	4%
Revista Internacional de Pesquisa em Educação Matemática	3	2%
Revista de Ensino de Biologia	1	1%
Total	168	100%

Fonte: Elaborado pelo autor

Com a exclusão dos artigos, a lista dos três periódicos com maior número de publicações permaneceu inalterada: BOLEMA, EMP e RBEF. No entanto, a BOLEMA teve 3 artigos excluídos, da EMP foram excluídos 13 artigos e da RBEF teve a maior exclusão com 46 artigos. Essa alteração resultou em uma mudança na ordem dos periódicos em termos de número de publicações. Juntos esses três periódicos concentram 64% das publicações, anteriormente esses periódicos representavam 69% dos artigos. BOLEMA e EMP são focados no Ensino de Matemática, enquanto RBEF se concentra no Ensino de Física. Esta predominância revela uma forte concentração de publicações sobre Modelagem nas áreas de Matemática e Física.

3.1 – Análise bibliométrica dos artigos

Em nossa análise bibliométrica, buscamos interpretar utilizando uma abordagem quantitativa, os dados apresentados abaixo:

1- Título;
2- Periódico;
3- Ano de publicação;
4- Autores;
5- Palavras-chave;

O primeiro desses dados analisados, foram os Títulos dos artigos, onde com a ferramenta de programação IRaMuTeQ criamos uma nuvem de palavras para verificarmos assim os termos mais utilizados na identificação dos artigos. Apresentamos

a seguir, a Figura 3, com a Nuvem de palavras formadas com as 50 palavras que tiveram maior frequência nos Títulos. Na Tabela 4, constam as 20 palavras com o maior número de vezes na Nuvem de palavras.

Conseguimos assim, quantificar que Modelagem está presente 135 vezes nos Títulos dos artigos analisados. A palavra Matemática aparece no Título 105 vezes. As duas palavras juntas que representam a Modelagem Matemática que é objeto de estudos de um número significativo de artigos. A palavra Modelagem se destaca de forma esperada, considerando que é o foco da nossa pesquisa, seguida da palavra Matemática que representa a disciplina com maior número de publicações como veremos na seção de análise de disciplinas.

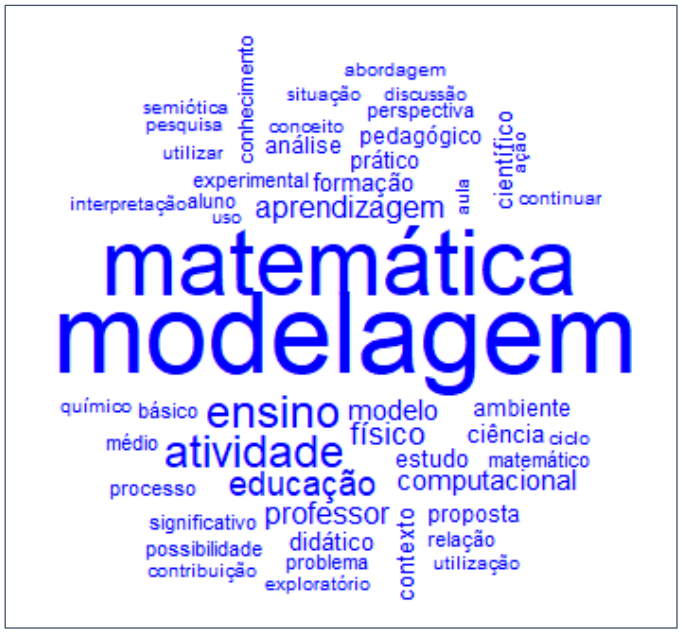


Figura 3 – Nuvem de palavras dos Títulos

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 4 – Lista de palavras dos Títulos

modelagem	135	formação	13
matemática	105	estudo	13
ensino	42	contexto	13
atividade	41	didático	11
educação	25	ciência	11
física	22	científica	11

aprendizagem	21	proposta	10
professor	19	ambiente	10
modelo	17	prático	9
computacional	17	pedagógico	9

Fonte: Elaborado pelo autor

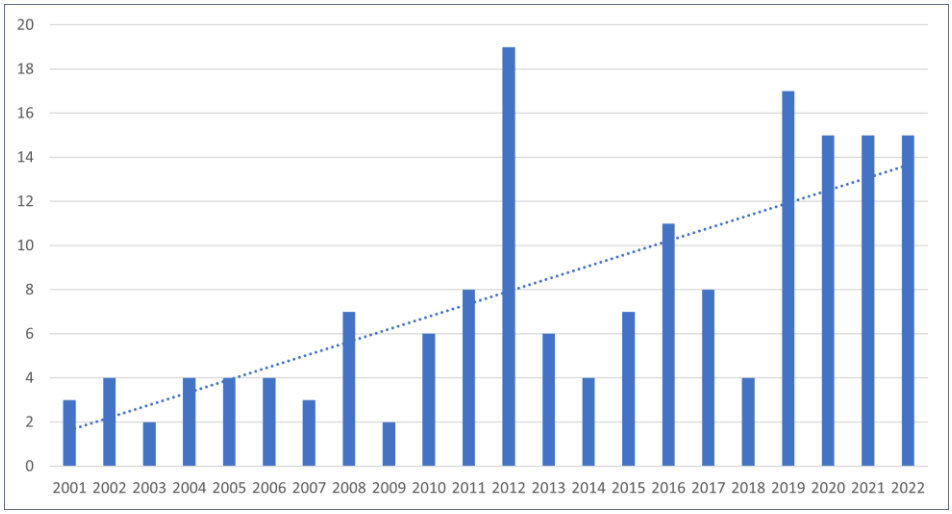
Nesta lista de 20 palavras com maior frequência nos títulos, verificamos algumas das Terminologias que estamos analisando, que são: Modelagem, Modelagem Matemática, Modelagem Científica, Modelagem Didático Científica e Modelagem Computacional. Isso sugere que muitos autores direcionam as pesquisas para determinada Terminologia no título do artigo.

A análise dos periódicos e do número total de artigos publicados em cada periódico, nos possibilitou identificar as revistas com maior participação na divulgação de pesquisas sobre Modelagem no ensino de Ciências e Matemática. Observamos que a maioria dos artigos está concentrada nas revistas especializadas em Ensino de Física e Matemática, que representam 74% dos artigos analisados. Isso indica que essas são as áreas com mais pesquisas desenvolvidas em relação ao ensino focado em Modelagem. Além disso, cinco periódicos com foco no Ensino de Ciências, indicando publicações com abordagens multidisciplinares, diversificando as áreas estudadas sem ficar restrita a uma única disciplina. Apenas um periódico voltado para o Ensino de Biologia e a ausência de periódicos com o foco no Ensino de Química. Na seção sobre as disciplinas, analisaremos a conexão entre os periódicos e as disciplinas estudadas nos artigos.

O Gráfico 2 mostra a distribuição dos artigos classificados como pesquisa em Modelagem nacional durante o período de 2001 a 2022. Destacamos o crescimento no ano de 2012, que foi um ano em que a BOLEMA fez uma edição especial sobre Modelagem Matemática, apresentando o total de 13 artigos publicados, explicando o aumento de publicações neste ano. Não encontramos nenhum evento em especial que explicasse, o aumento no ano de 2019, podendo ser interpretado como um crescimento de pesquisas na área. Constatamos que nos anos seguintes a 2019, o número de publicações não apresentou um crescimento ou uma redução significativa, permanecendo em aberto para fazermos um acompanhamento nos próximos anos.

Observamos seis períodos de redução no número de publicações: 2003; 2007; 2009; 2013-2014; 2017-2018; 2020. Com esses resultados constatamos que no período analisado, o número de artigos teve um crescimento quase constante, como mostra o Gráfico 3, indicado pela linha tracejada que é a Linha de Tendência de crescimento, gerada pelo Excel. Além de 2012 e 2019, outros períodos apresentaram um crescimento significativo, destacamos aqui os anos com um crescimento superior ao dobro do ano anterior: 2004; 2008; 2010.

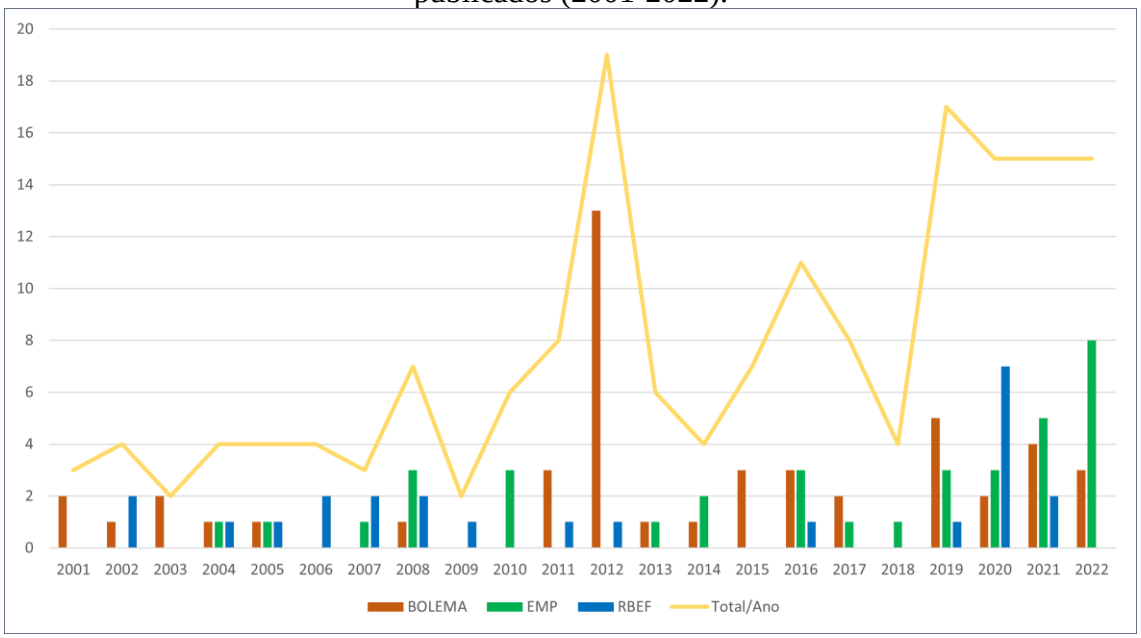
Gráfico 2 – Distribuição por ano das publicações dos 168 artigos (2001-2022).



Fonte: Elaborado pelo autor

No Gráfico 3, destacamos a produção anual dos três periódicos com maior número de artigos, comparando com o total analisado. Como observado anteriormente esses três periódicos representam 64% das publicações analisadas, mostrando a importância destas três revistas para a área de Ensino de Ciências e Matemática, onde em apenas quatro anos estas revistas contabilizaram um número inferior a 50% das publicações. A BOLEMA e a RBEF são duas das revistas mais antigas da lista, iniciando suas publicações em 1985 e 1979, respectivamente. O impacto desses periódicos no total fica evidente no Gráfico 3 abaixo, como podemos observar, nos anos com o menor número de publicações são influenciados pela diminuição de artigos dessas revistas. Nos anos com maior número de artigos, essas revistas tem grande impacto nesses números.

Gráfico 3 – Distribuição anual dos três periódicos com maior número de artigos publicados (2001-2022).



Fonte: Elaborado pelo autor

A análise dos autores que aparecem nos artigos de Modelagem foi conduzida em duas etapas. Na primeira etapa, selecionamos apenas os nomes dos primeiros autores que constam nos artigos, dado que normalmente indica os pesquisadores com maior participação e liderança no trabalho, reconhecemos que existem exceções a essa condição. Na segunda etapa, consideramos todos os autores dos artigos, obtendo assim uma visão completa da colaboração. A partir destes recortes, adquirimos um entendimento da participação dos pesquisadores brasileiros nas pesquisas sobre Modelagem no período de 2001 a 2022.

De um total de 119 nomes que aparecem como primeiro autor dos artigos analisados. Na Tabela 5 destacamos os cinco nomes[6] que mais aparecem. Estes somam 30 artigos, representando 18% do total das publicações. Destes 119 nomes diferentes, 94 aparecem uma única vez como primeiro autor, não necessariamente sendo a única publicação destes nomes, como veremos na Tabela 6, que inclui os outros autores dos artigos onde alguns destes nomes se repetem. Assim, encontramos 25 nomes que aparecem em mais de um artigo como primeiro autor, totalizando 74 artigos assinados.

[6] A lista possui 4 nomes que aparecem 3 vezes e 16 nomes que aparecem 2 vezes. Por isso, mostramos apenas os 5 primeiros nomes na tabela 1.

Dos 168 artigos, apenas 17 apresentam 1 autor, que representa aproximadamente 10% do total.

Tabela 5: Os autores com mais publicações como primeiro autor.

Nomes	**Artigos**
Lourdes Maria Werle de Almeida	12
Karina Alessandra Pessoa da Silva	5
Leonardo Albuquerque Heidemann	5
Juliana Machado	4
Jussara de Loiola Araújo	4

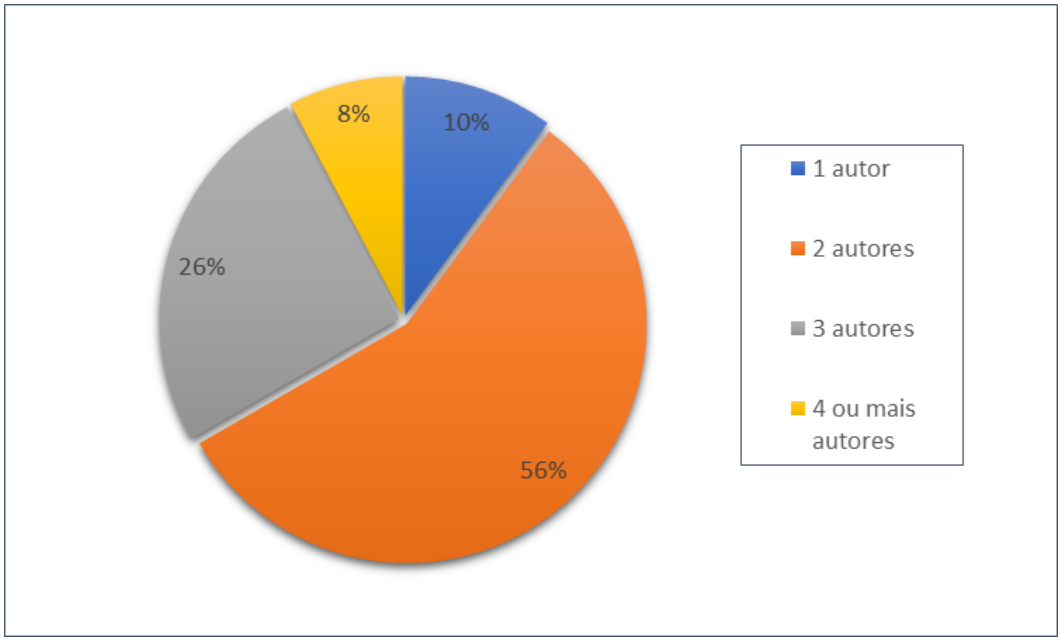
Fonte: Elaborado pelo autor.

Dos cinco nomes destacados, três tem seus trabalhos publicados na área da Matemática, enquanto dois focaram suas pesquisas na área de Física. Este recorte reflete o foco dos pesquisadores analisados nas áreas de Matemática e Física.

Ao fazer um recorte temporal na lista de 119 nomes que assinam os artigos como primeiro autor, 39 publicaram entre 2001 e 2011, totalizando 47 artigos. Esse número aumentou para 87 autores entre 2011 e 2022, resultando em 121 artigos. Esses dados nos mostram o crescimento significativo da área de Modelagem nos últimos 11 anos, indicando que novos pesquisadores passaram a integrar os grupos de pesquisa. A maior parte das publicações em Modelagem ocorreu na segunda metade do período desta pesquisa, representando 72% do total de artigos analisados. Dessa forma demonstramos o aumento no interesse e na produção de pesquisa sobre Modelagem.

Na segunda etapa, ampliamos a análise dos autores incluindo os coautores dos artigos. Construímos o Gráfico 4, que representa a quantidade de autores por artigo. A partir desse gráfico, podemos observar que 90% dos artigos tem mais de um autor, evidenciando a importância dos grupos de pesquisa. Outra característica observada no Gráfico 4 é que os artigos com dois autores representam 56% do total de artigos, indicando uma tendência de colaboração entre pesquisadores e de uma frequente relação entre orientando-orientador, com muitos trabalhos desenvolvidos por estudantes sendo supervisionados por seus orientadores. Essa prática frequente de coautoria sugere que os estudos de Modelagem envolvem parcerias, o que pode enriquecer a qualidade e a diversidade nas pesquisas.

Gráfico 4 – Quantidade de autores por artigo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Tabela 6 abaixo, apresentamos os 10 autores e coautores com mais artigos publicados. Esses nomes somados aparecem 106 vezes, representando 27% do total dos nomes, não sendo necessariamente o total de artigos, pois alguns deles publicaram artigos em conjunto, fazendo parte de um mesmo grupo de pesquisa ou como orientador-orientando.

Tabela 6 – Os 10 autores e coautores com mais publicações.

Nomes	**Artigos**
Lourdes Maria Werle de Almeida	19
Eliane Angela Veit	16
Karina Alessandra Pessoa da Silva	12
Ives Solano Araujo	12
Tiago Emanuel Klüber	10
Rosária da Silva Justi	9
Leonardo Albuquerque Heidemann	9
Lilian Akemi Kato	7
Laércio Ferracioli	6

Jonei Cerqueira Barbosa	6

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao analisar a lista de primeiros autores e coautores, chegamos ao número de 220 nomes diferentes. Com uma média de 0,8 artigo por nome, com no mínimo 1 artigo publicado e o máximo de 19 artigos publicados, como primeiro autor ou coautor. Dessa lista temos 158 nomes que aparecem uma vez, representando 72% do total de autores e coautores, indicando que menos de 30% dos autores publicam novamente ou continuam a pesquisar. Como vimos anteriormente, apenas 17 artigos tem apenas um autor. Assim, 151 artigos tem no mínimo dois nomes assinando, ao somar todos os nomes que aparecem nos artigos, sem restrições de primeiro autor ou coautor, encontramos o número total de 396 nomes. Destacamos desta lista os 5 autores com um número de assinaturas superior a 10, totalizando 69 vezes que assinam artigos como primeiros autores ou coautores, representando 17% do total de nomes que aparecem nos artigos.

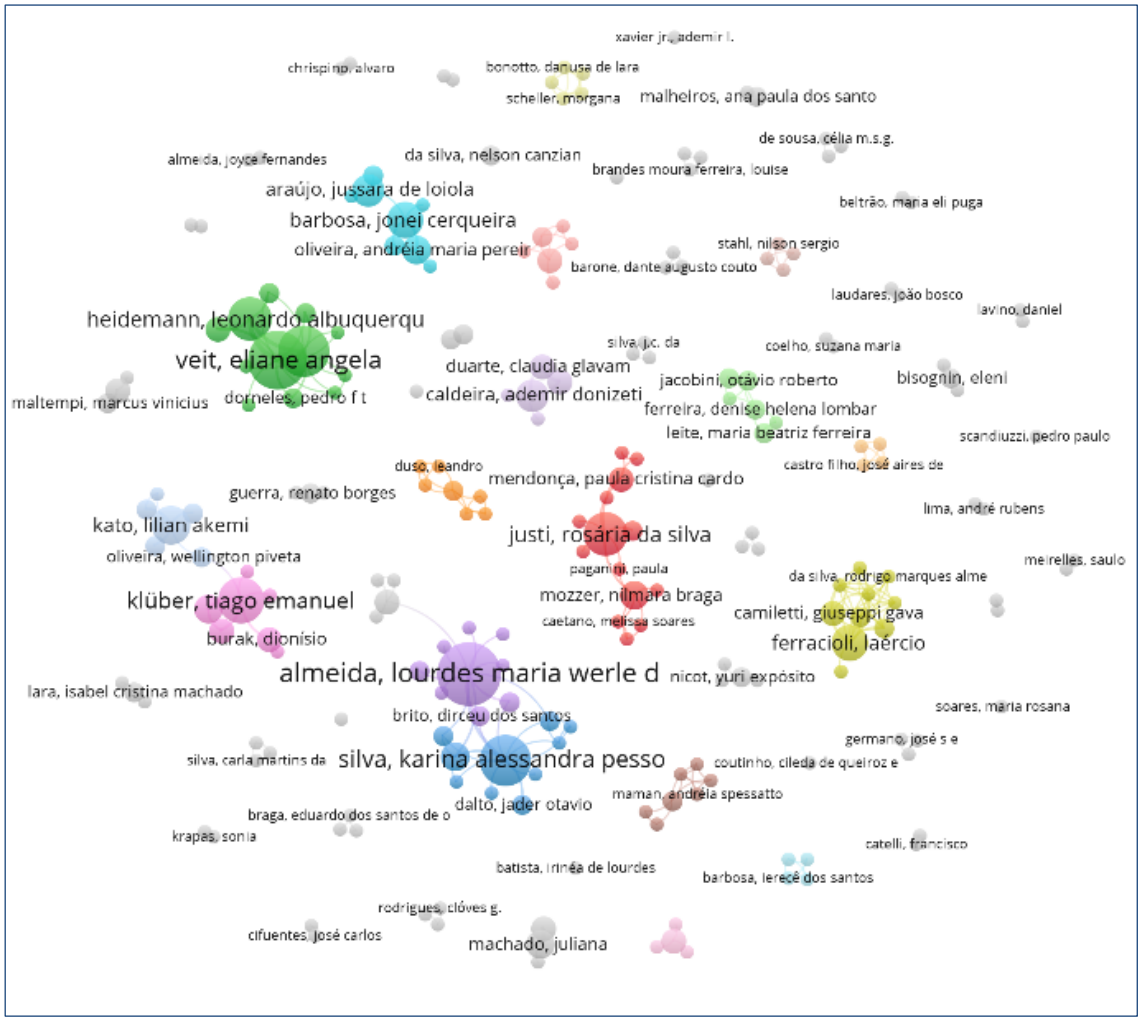
Após essas duas etapas de análise dos autores, buscamos com o programa VOSviewer realizar uma análise de coautoria dos artigos, sendo possível identificar 60 grupos de pesquisa, que em sua maioria são compostos por pesquisadores de uma mesma disciplina. Os grupos são identificados no gráfico por cores diferentes, que são chamados de *cluster*.

Como pode ser observado no gráfico, não identificamos uma integração entre os grupos, com exceção de três grupos que tem trabalhos compartilhados. Estes três grupos quando analisados ao longo do tempo indicam que iniciaram como um e foram se desenvolvendo com o tempo, formando dois novos grupos. Assim como na planilha do Microsoft Excel temos 220 autores identificados no VOSviewer, com o número de links[7] de coautorias igual a 269. Para cada par de itens (autores) não pode haver mais de um link. Cada link possui uma força, representada no gráfico por um valor numérico positivo, denominado no VOSviewer como *"link strength"*, traduzido como força de um link. Este número representa a quantidade de ligações entre os itens, na análise realizada significa a quantidade de artigos publicados pelos autores em coautorias. Os itens e links juntos constituem uma rede. Consequentemente, uma rede é um conjunto

[7] Um link é uma conexão ou relação entre dois itens (autores).

de itens junto com os links entre os itens. Apresentamos abaixo o Gráfico 5, gerado pelo VOSviewer.

Gráfico 5 – Coautorias



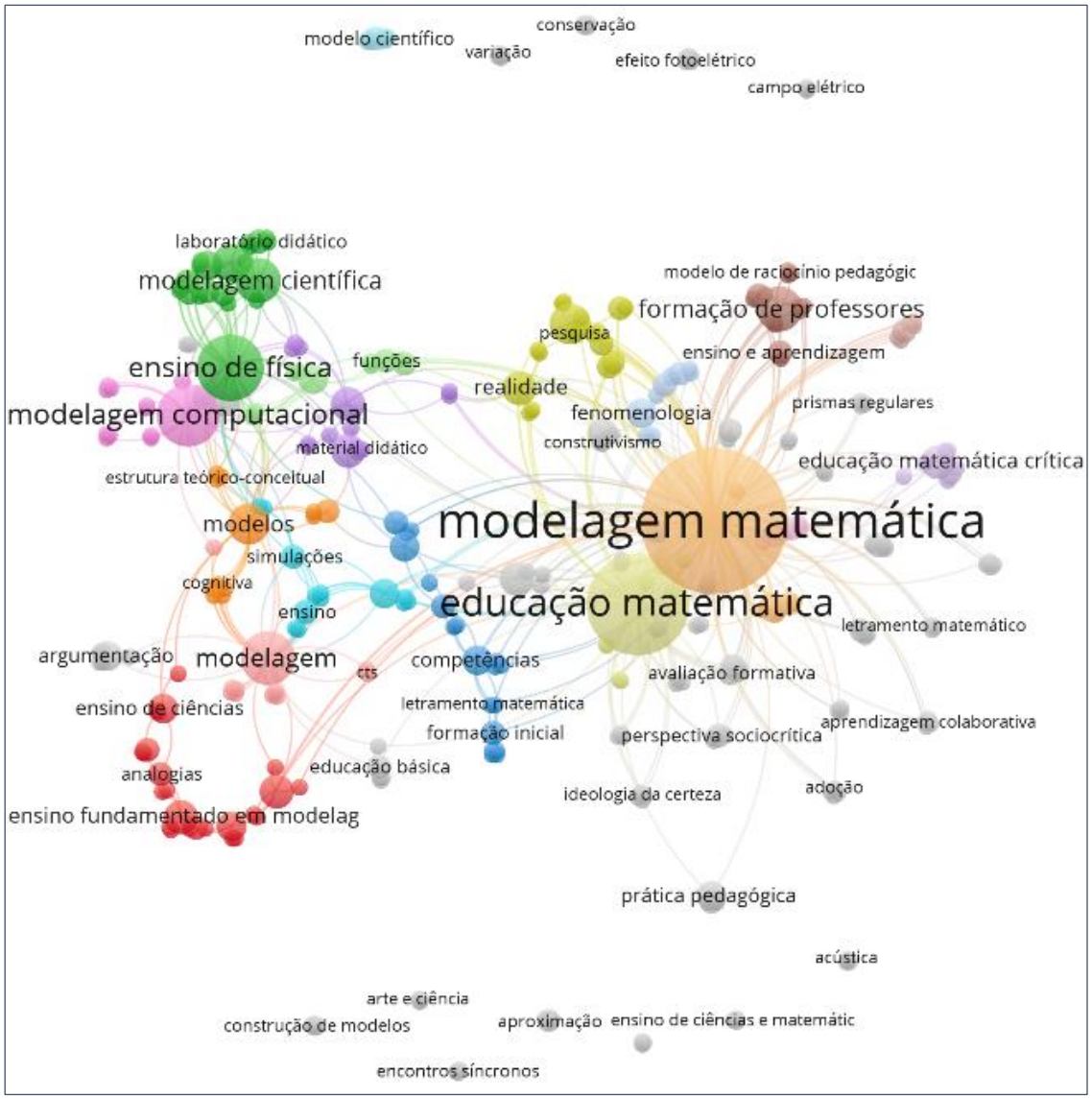
Fonte: Elaborado pelo autor.

Por ser um gráfico grande e com muitas informações, estamos disponibilizando o link para acessar o gráfico https://tinyurl.com/28y7u48e e um QR code de acesso, caso queira acessar o gráfico diretamente pelo celular.

Para encerrar a análise bibliométrica, focaremos nas palavras-chave usadas nos artigos. As palavras-chave são fundamentais em artigos acadêmicos, pois resumem os principais temas e tópicos abordados, facilitando a busca e categorização da pesquisa. A análise das palavras-chave nos permitirá identificar tendências de pesquisa e a destacar as principais áreas de interesse em Modelagem.

Realizamos um tratamento de dados no VOSviewer, diferente da análise de coautoria dos autores, nas palavras-chave fizemos uma análise de coocorrência. Assim, foram analisadas 354 palavras-chave diferentes. O VOSviewer dividiu em 57 grupos com um total de 821 links, sendo o total de coocorrências das palavras-chave. No Gráfico 6, visualizamos as palavras-chave distribuídas de acordo com as disciplinas dos artigos, com uma grande concentração na área de Matemática, onde prevalece o uso do termo Modelagem Matemática para definir os trabalhos de Modelagem. Enquanto nas áreas de Física, Biologia e Química temos o uso de Modelização, como uma das principais palavras-chave dos artigos, além de Modelagem.

Gráfico 6 – Palavras-chave



Fonte: Elaborado pelo autor.

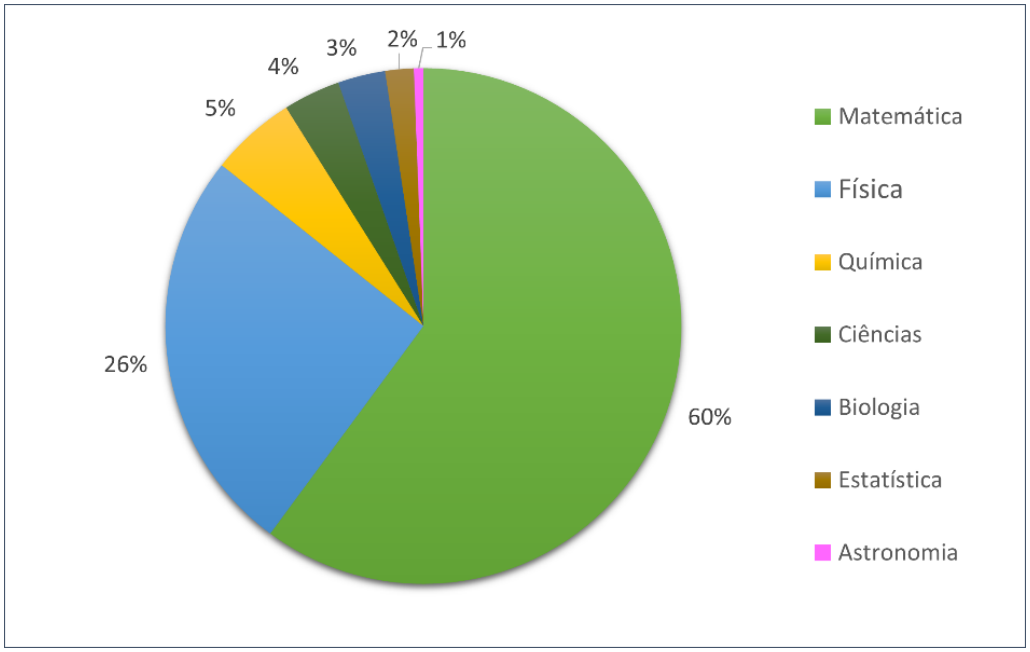
Pelo gráfico ser muito grande e com muitas informações, estamos disponibilizando o link para acessar o gráfico https://tinyurl.com/28rozz9x e um QR code de acesso, caso queira acessar o gráfico diretamente pelo celular.

3.2 – Análise de Conteúdo

Nesta seção analisaremos os 168 artigos de ensino de ciências de acordo com as disciplinas, as terminologias, a natureza da pesquisa e os referenciais dos artigos. Essas classificações foram feitas pela leitura dos títulos, resumos, palavras-chave e de trechos dos artigos, em busca de definir a natureza da pesquisa e a descrição dos referenciais teóricos, situação não encontrada em um número significativo de artigos. Em uma quantidade significativa de artigos, as Disciplinas estudadas e as Terminologias adotadas, constava no título, nas palavras-chave ou nos resumos.

Após a identificação das Disciplinas nos artigos, começamos a entender a distribuição dos trabalhos nas áreas estudadas. No Gráfico 7, mostramos a porcentagem de cada disciplina em relação ao total de artigos analisados. O ensino de Matemática apresenta um total de 101 artigos e o ensino de Física o segundo maior número, com 43 artigos, representam juntos 86% dos artigos analisados e aponta a grande diferença de pesquisas em comparação com as outras disciplinas estudadas neste trabalho. O ensino de Ciências é mostrado no gráfico com 4% dos artigos, com uma representatividade não muito significativa na Modelagem, nos indicando que 96% das pesquisas na área contemplam uma disciplina específica.

Gráfico 7 – Lista de Disciplinas.



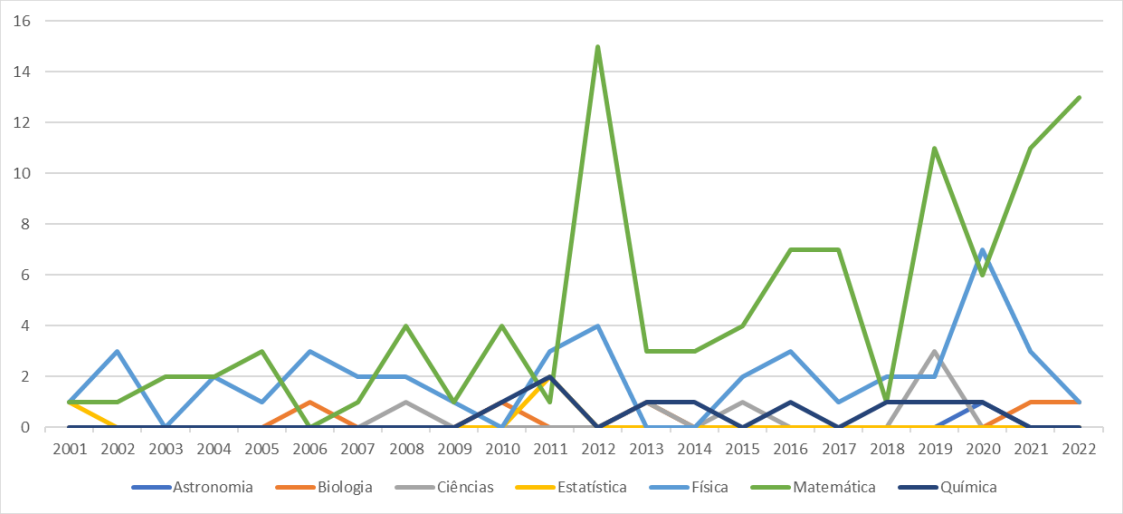
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para um melhor entendimento de como ocorre a distribuição das disciplinas durante os anos analisados, construímos um gráfico da evolução temporal. O ensino de Biologia e o ensino de Ciências, apesar de indicarem um crescimento no número de publicações nos anos mais recentes, não apresentam um número considerável de artigos. O ensino de Estatística teve os últimos dois artigos publicados no ano de 2011 e o ensino de Química teve o primeiro artigo publicado no ano de 2010. O ensino de Astronomia teve um único artigo publicado em 2020.

Nos primeiros anos podemos ver que as disciplinas de Física e Matemática predominavam com um número similar de artigos publicados até o ano de 2011. No ano de 2012 impulsionada pela revista BOLEMA, com uma edição especial sobre Modelagem Matemática, os artigos de Matemática cresceram significativamente. Após o ano de 2012 com mais artigos que a média dos anos anteriores, os artigos de Matemática retornaram aos valores médios em 2013 e passaram a apresentar um crescimento nos anos seguintes. A partir de 2013 os artigos de Física passaram a ter aproximadamente dois artigos por ano, até o ano de 2020 quando foram publicados sete artigos. Sendo um ano com um crescimento significativo em relação aos anteriores mas esse aumento não se manteve nos anos seguintes, onde o número de artigos retornou aos

dois artigos de média por ano, como no período de 2015 até 2019. Esta análise está corroborando com o gráfico anterior, onde as disciplinas de Física e Matemática em todos os intervalos de tempo contribuíram com 80% ou mais dos artigos publicados.

Gráfico 8 – Evolução temporal das disciplinas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Tabela 7, mostramos a relação entre as disciplinas e as revistas. Como podemos ver nesta tabela, os periódicos focados em uma disciplina específica, por exemplo, a *BOLEMA* é focada em ensino de Matemática, apresenta um número reduzido de artigos de outras disciplinas, no caso da *BOLEMA* temos três artigos de Estatística. Os periódicos que não são focados em uma disciplina específica, tem uma distribuição maior de artigos em disciplinas diferentes, como por exemplo, as revistas *Ciência e Educação, Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências e Investigações em Ensino de Ciências*, que apresentam publicações em quatro disciplinas diferentes cada.

Ao analisarmos os periódicos de acordo com o foco nas disciplinas, os resultados indicam: Ensino de Matemática com 87 (52%) publicações, Ensino de Ciências com 42 (25%) publicações, Ensino de Física com 38 (23%) publicações e Ensino de Biologia com 1 (1%) publicação. Como podemos observar na Tabela 7, a análise nos mostra que, exceto no caso da revista com o foco no Ensino de Biologia, o foco principal das revistas não restringe as publicações apenas na área de conhecimento descrita. No caso do periódico de Ensino de Biologia, que apresentou um número baixo de publicações, na amostra analisada apresentou apenas um artigo, não nos permite

afirmar se há ou não uma abertura na revista para artigos de outras disciplinas além da Biologia.

Tabela 7 – Relação de disciplinas e revistas.

Disciplina / Revista	**Astronomia**	**Biologia**	**Ciências**	**Estatística**	**Física**	**Matemática**	**Química**
Areté			1			5	
BOLEMA				3		45	
CBEF			1		13		
Ciênc. Educ.			1		2	10	1
EMP		1				35	
Ensaio		2	2		2		1
IENCI		1			2	3	2
RBEF	1				23		
RBPEC			1		1		5
REnBio		1					
RIPEM						3	
Total por Disciplina	**1**	**5**	**6**	**3**	**43**	**101**	**9**

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em resumo, analisamos a distribuição das disciplinas de modo geral, observando uma grande concentração no ensino de Matemática e ensino de Física. A evolução temporal, indicando um crescimento de publicações das outras disciplinas, porém muito longe de ter um impacto significativo no total de artigos. Concluímos com a relação entre os periódicos e as disciplinas, com uma amostra onde os periódicos focados no ensino de uma disciplina específica, tendem a ter o maior número de publicações desta mesma disciplina com raras exceções. As revistas com o foco no ensino de Ciências, apresentam artigos em um número maior de disciplinas, como mostrado na Tabela 7.

Na próxima análise, discutiremos as Terminologias, que foram identificadas de acordo com a forma que os autores utilizaram e definiram a Modelagem. Após a

classificação, construímos a Tabela 8 com o nome das Terminologias, a sigla para identificarmos, a quantidade de artigos e a porcentagem que representam em relação ao total de artigos.

Com a análise das Terminologias classificadas, o resultado obtido corrobora com a análise das disciplinas, temos a Modelagem Matemática representando 64% do total de artigos, impulsionada pelos artigos de Matemática. As Terminologias Modelagem e Modelização, que diferem na forma de escrever, pois entendemos ambas como sendo utilização e construção de modelos, estão presentes em 12% dos artigos analisados.

Tabela 8 – Lista de Terminologias dos Artigos.

Terminologia	**Sigla**	**Artigos**	**%**
Ensino Fundamentado em Modelagem	EFM	7	4%
Modelagem	MG	11	7%
Modelagem Analógica	MA	2	1%
Modelagem Científica	MC	8	5%
Modelagem Computacional	MCO	17	10%
Modelagem Didático-Científica	MDC	7	4%
Modelagem Matemática	MM	108	64%
Modelização	MZ	8	5%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com o objetivo de ampliar a compreensão sobre o uso das Terminologias associadas às Disciplinas estudadas e para obter um panorama de como são empregadas em diferentes áreas de pesquisas. Realizamos uma análise entre as Disciplinas e as Terminologias, verificando como são utilizadas em conjunto, para identificar padrões e relações entre as diferentes Terminologias utilizadas nos estudos e como contribuem para a compreensão das Disciplinas envolvidas. Os resultados dessa análise são apresentados na Tabela 9.

O ensino de Física apresenta 6 Terminologias diferentes, sendo a maior variedade de Terminologias utilizadas. Enquanto a Matemática tem 2 artigos com Modelagem e Modelagem Matemática em 99 artigos, dos 101 analisados, indicando que os pesquisadores na área de Matemática em sua maioria utilizam a Modelagem

Matemática em seus trabalhos, o que pode ser considerado uma uniformização na área da Matemática.

A análise das Terminologias, nos indica que o termo com o maior número de disciplinas foi Modelagem, com um total de cinco disciplinas: Biologia, Ciências, Física, Matemática e Química. O que evidencia o termo Modelagem com uma abrangência em diversas áreas do conhecimento. A Modelização é uma das Terminologias encontradas em quatro disciplinas: Astronomia, Biologia, Ciências e Física.

A Modelagem Matemática é a outra Terminologia que apresenta artigos em quatro disciplinas diferentes: Biologia, Estatística, Física e Matemática, o que destaca a Matemática sendo aplicada na análise em outras áreas do conhecimento. A Modelagem Científica possui pesquisas nas disciplinas de Física e Química e o Ensino Fundamentado em Modelagem, tem artigos nas áreas de Ciências e Química. Com pesquisas publicadas exclusivamente na área da Física, temos a Modelagem Computacional e Modelagem Didático-Científica, indicando uma integração com métodos computacionais e educacionais na disciplina de Física. A Modelagem Analógica é encontrada apenas na disciplina de Química, sugerindo uma utilização mais específica.

A diversidade de Disciplinas associadas as Terminologias, revela o caráter de interdisciplinaridade da Modelagem. Os termos Modelagem e Modelização são utilizadas em várias áreas, enquanto Modelagem Matemática, Modelagem Computacional, Modelagem Didático-Científica e Modelagem Analógica tem uma aplicação mais específica. Assim, a caracterização destas Terminologias em relação às Disciplinas analisadas nos indica que a Modelagem tem uma natureza diversificada e a possibilidade de aumentar o uso destas Terminologias em outras áreas.

Tabela 9 – Lista de Terminologias e Disciplinas.

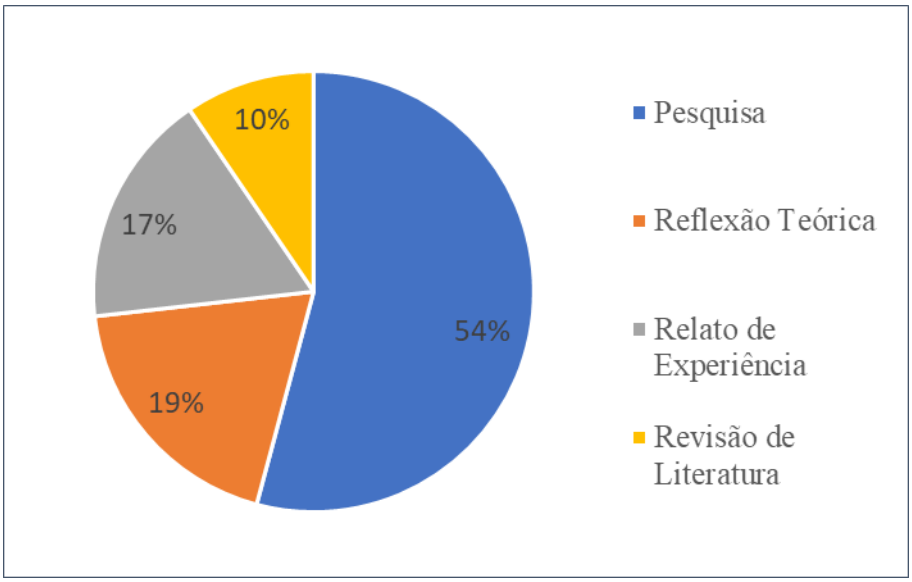
Terminologia / **Disciplina**	**EFM**	**MA**	**MC**	**MCO**	**MDC**	**MG**	**MM**	**MZ**
Astronomia								1
Biologia						2	1	2
Ciências	2					2		2
Estatística							3	

Física			7	17	7	4	5	3
Matemática						2	99	
Química	5	2	1			1		

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para continuar a análise dos artigos, categorizamos os estudos de acordo com a Natureza das Pesquisas, previamente definidas na metodologia: Pesquisa, Reflexão Teórica, Relato de Experiência e Revisão de Literatura. Como mostrado no Gráfico 9, a maior parte dos artigos analisados estão classificados como Pesquisa, totalizando 92 artigos. Esse dado pode ser explicado pelo tipo de estudo realizado pelos pesquisadores ou por critérios dos periódicos avaliados, ao selecionar um número maior de artigos dessa natureza. Assim, torna-se evidente uma maior valorização das pesquisas empíricas pela comunidade científica da área. Característica que pode estar baseada no desenvolvimento de novas tecnologias e ferramentas que contribuem com a pesquisa em Modelagem.

Gráfico 9 – Distribuição das Naturezas das Pesquisas



Fonte: Elaborado pelo autor.

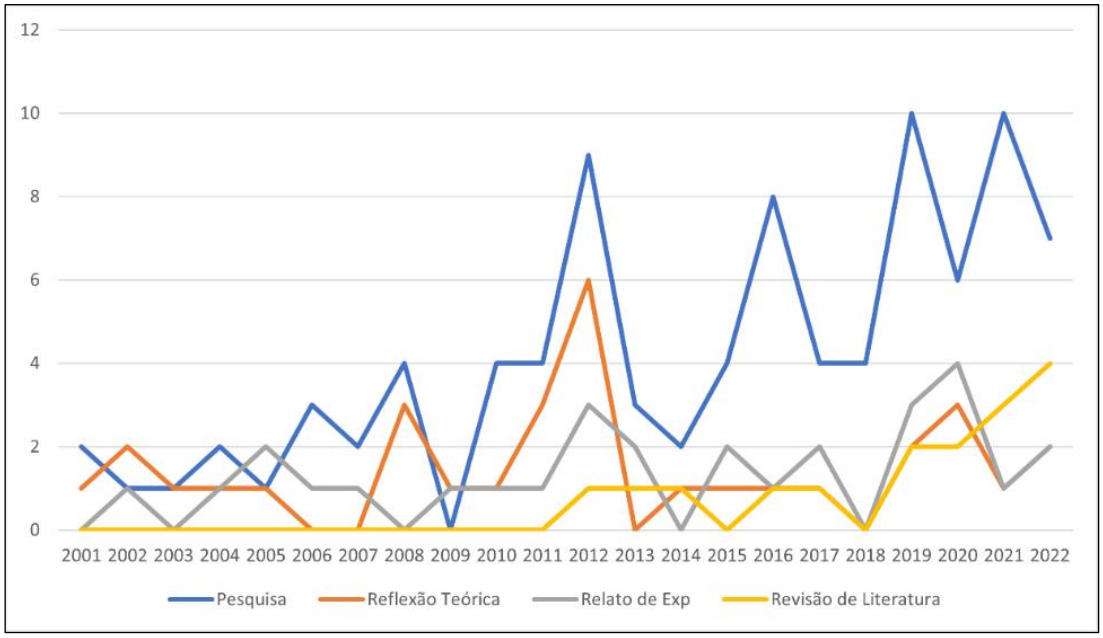
Destacamos os artigos nas categorias de Natureza da pesquisa em uma linha do tempo, como mostramos no Gráfico 10. Como pode ser observado a categoria Pesquisa se destaca como a mais utilizada ao longo dos anos. Apresentando um crescimento significativo no número de artigos no período mais recente de 2018 a 2022,

acompanhando a tendência de aumento no número de artigos publicados sobre Modelagem.

Os artigos categorizados como Reflexão Teórica apresentam a maior oscilação entre as categorias analisadas, apresentando uma tendência de queda no número de artigos no geral. Esta redução da categoria de Reflexão Teórica, pode indicar uma mudança de foco nas atividades relacionadas a Modelagem para métodos mais empíricos e aplicados.

Enquanto as categorias Revisão de Literatura e Relato de Experiência apresentam um aumento nas publicações com o passar dos anos. Pode ser verificado um aumento significativo na Revisão de Literatura, com um indicativo de que os pesquisadores em Modelagem estão utilizando mais esta metodologia para desenvolver seus estudos e indicar lacunas no conhecimento. O crescimento da categoria Relato de Experiência, demonstra um aumento em pesquisas que compartilham as práticas de ensino e aplicações de Modelagem, possibilitando que o conhecimento acadêmico passe para contextos práticos.

Gráfico 10 – Distribuição das Naturezas das Pesquisas no tempo



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os últimos dados analisados foram os Referenciais Teóricos. Elaboramos as classificações com base em uma leitura direcionada dos artigos, informação que em

muitos artigos constava em uma seção destacada. Como explicado no Capítulo 2, identificamos um número significativo de artigos que não definiram de maneira evidente o seu referencial teórico, o que nos levou a seguir dois caminhos distintos: os artigos que classificamos como “Sem Referencial”, indicando a ausência de uma base teórica explícita e os artigos que classificamos como “Indefinido”, que são artigos que apresentam vários referenciais sem estabelecer um específico para a pesquisa. A análise revelou uma variedade de categorias que não se limitaram às previamente conhecidas, refletindo a diversidade do campo e a variedade de referenciais teóricos utilizados.

Na Tabela 10, apresentamos os referenciais encontrados a partir da análise dos artigos. Estão contabilizados nesta tabela os 12 artigos classificados como Sem Referencial e os 51 classificados com o referencial Indefinido, restando assim 105 artigos classificados com 33 referenciais diferentes[8].

Tabela 10 – Lista de Referenciais

Referenciais	**Artigos**
Indefinido	51
Bassanezi	18
Barbosa	18
Bunge	17
Justi e Gilbert	13
Sem Referencial	12
Hestenes	4
Ausubel	4
Biembengut	3

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após apresentar os referenciais teóricos presentes nos artigos selecionados, analisamos as características das diferentes abordagens que fundamentam as pesquisas sobre Modelagem no Ensino de Ciências e Matemática. Dessa forma destacamos uma perspectiva que cada um dos referenciais teóricos oferece sobre Modelagem sendo utilizada como ferramenta no ensino de conceitos científicos e matemáticos. Assim,

[8] Para focar nos referenciais mais recorrentes e significativos, a tabela inclui apenas aqueles que apareceram em pelo menos 3 artigos.

apresentamos de forma breve uma explicação dos principais referenciais citados, destacando as contribuições de autores como Barbosa, Bassanezi, Biembengut, Bunge, Hestenes e Justi e Gilbert. O referencial teórico Ausubel consta na lista apresentada, porém é um referencial de Aprendizagem Significativa. A seguir, um resumo dos referenciais destacados anteriormente.

Barbosa define Modelagem como um ambiente de aprendizagem no qual os alunos são convidados a indagar e/ou investigar problemas provenientes de outras áreas do conhecimento ou do dia a dia, usando a matemática.

Bassanezi define a Modelagem Matemática como sendo a arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los, interpretando suas soluções na linguagem do mundo real (1994, p. 61).

Biembengut afirma que a Modelagem é o processo envolvido na elaboração de modelo de qualquer área do conhecimento. Trata-se de um processo de pesquisa. A essência deste processo emerge da mente de uma pessoa quando alguma dúvida genuína ou circunstância instigam-na a encontrar uma melhor forma de alcançar uma solução, descobrir um meio de compreender, solucionar, alterar, ou ainda, criar ou aprimorar algo. E em especial, quando a pessoa tem uma percepção que instiga a sua inspiração. (Biembengut, 2014, p. 21).

Bunge define Modelagem como um processo central da ciência que envolve construção, validação, uso e revisão contínua de modelos para representar e entender fenômenos reais.

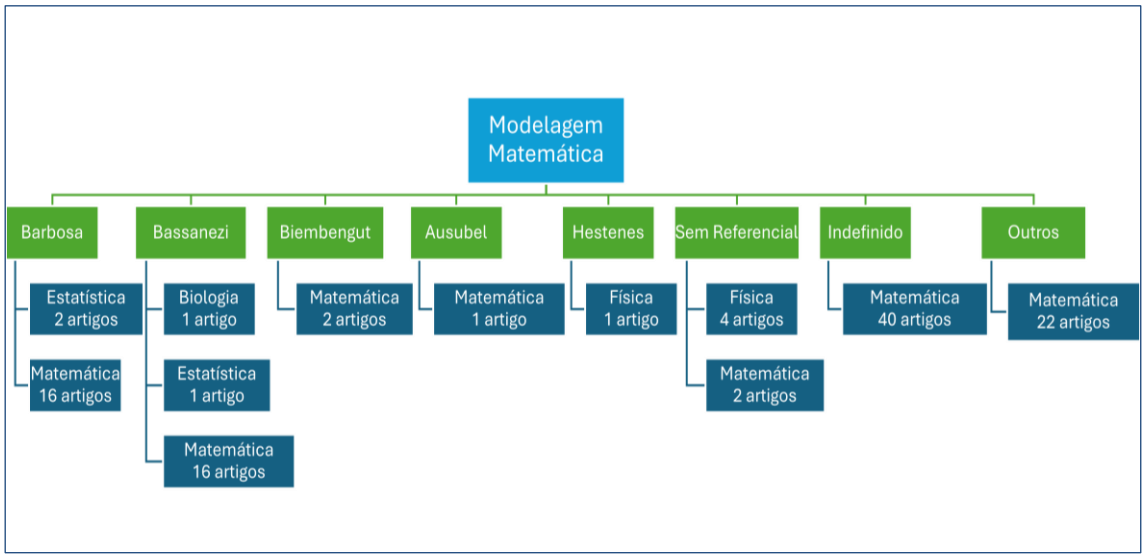
Hestenes o autor propõe que o ensino de Ciências seja desenvolvido por meio de Ciclos de Modelagem, que são divididos em dois estágios principais denominados pelo autor como: desenvolvimento do modelo e implementação do modelo (Heidemann, 2016, p. 41).

Justi e Gilbert definem Modelagem como um processo fundamental na ciência que envolve a criação, uso, avaliação e revisão de modelos para representar fenômenos naturais. A Modelagem é vista como uma atividade dinâmica que permite aos alunos construir conhecimento ao interagir com as representações dos fenômenos naturais. Com o destaque para o papel dos modelos como mediadores entre a teoria e a prática no ensino das ciências.

Realizamos uma investigação para entender como os Referenciais mais citados em relação à Modelagem se correlacionam com as Terminologias e as Disciplinas. Dentre os 35 referenciais distintos, analisamos os referenciais listados na Tabela 10. Os dados obtidos a partir da análise dos Referenciais Teóricos estão organizados a partir das Terminologias, relacionando os Referenciais e as Disciplinas com o total de artigos.

A Modelagem Matemática foi a terminologia mais utilizada nos trabalhos e com o maior número de referenciais diferentes, sem contar os Indefinidos e os artigos Sem Referenciais, encontramos 22 referenciais diferentes. Os referenciais mais citados são identificados pelos autores Barbosa e Bassanezi, com 18 citações em Modelagem Matemática cada um deles. No Gráfico 11, associamos a Modelagem Matemática com os Referenciais, as Disciplinas e o número de artigos.

Gráfico 11 – Modelagem Matemática

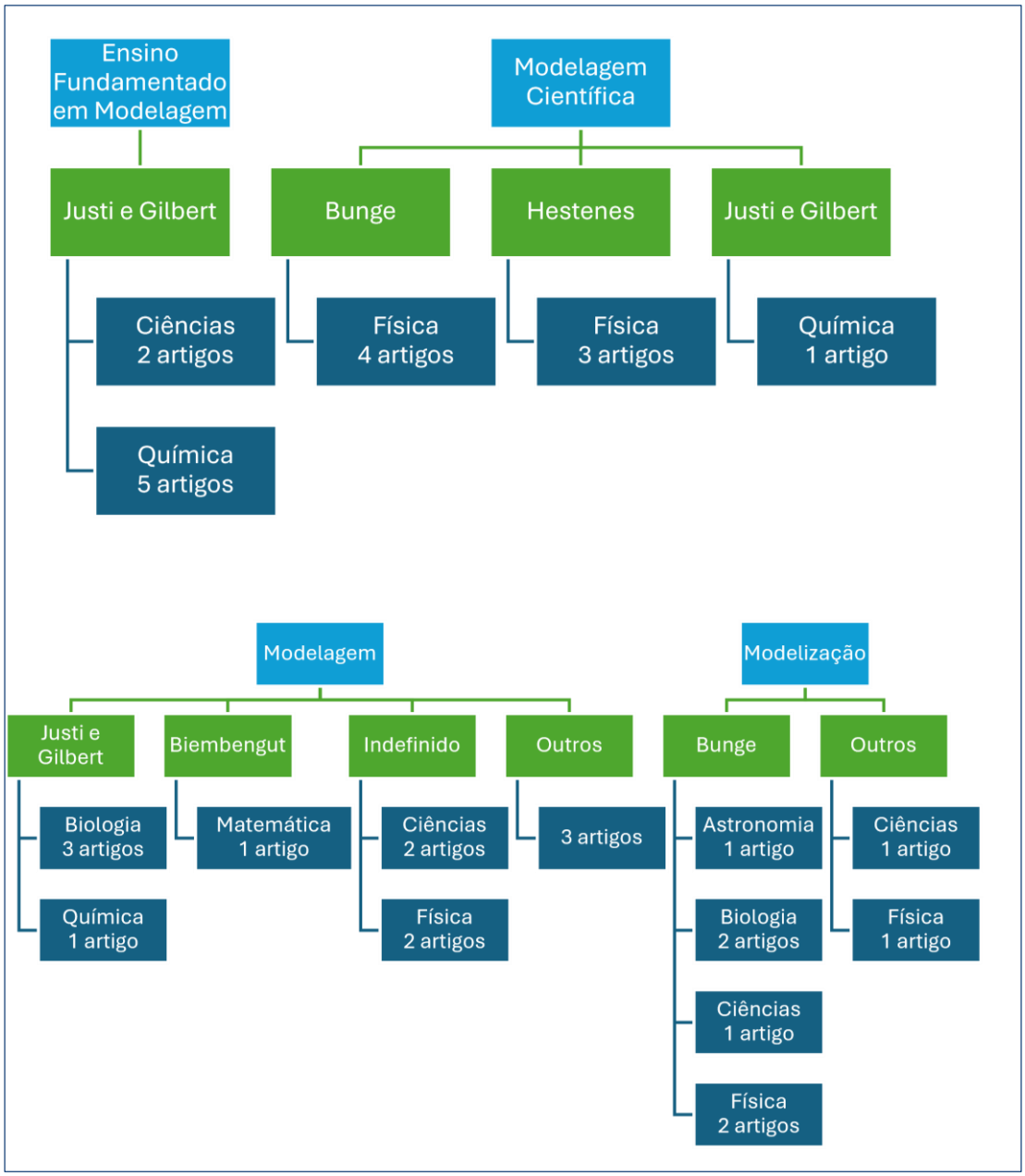


Fonte: Elaborado pelo autor.

As outras Terminologias não apresentaram números tão expressivos quanto a Modelagem Matemática. Logo reunimos as informações em duas partes. Na primeira, organizamos as Terminologias com artigos em mais de uma área do conhecimento, indicativo de uma característica multidisciplinar: Ensino Fundamentado em Modelagem, Modelagem Científica, Modelagem e Modelização. Na segunda estão as Terminologias com artigos em uma única área do conhecimento, não excluindo a possibilidade de atividades multidisciplinares: Modelagem Analógica, Modelagem Computacional e Modelagem Didático-Científica. No Gráfico 12, representamos as

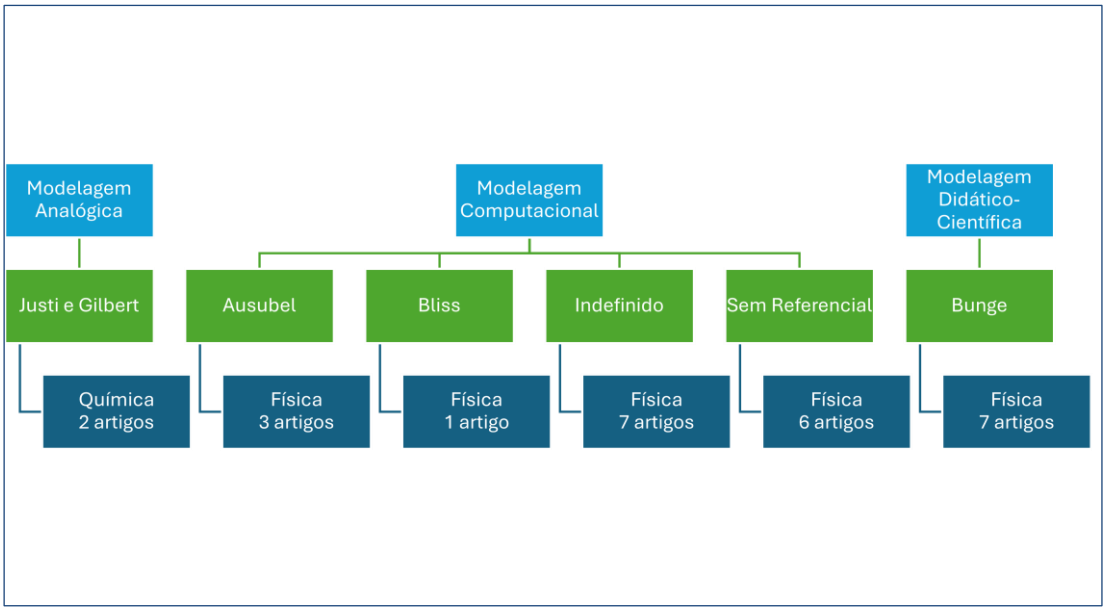
Terminologias reunidas na primeira parte e no Gráfico 13, as organizadas na segunda parte.

Gráfico 12 – Terminologias identificadas em mais de uma disciplina



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 13 – Terminologias identificadas em uma disciplina



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com relação aos referenciais, os autores Barbosa e Bassanezi, são citados em artigos com a Terminologia Modelagem Matemática e em disciplinas diferentes. O referencial Barbosa em Estatística e Matemática e o referencial Bassanezi em Biologia, Estatística e Matemática.

O referencial Bunge aparece em 17 artigos, citado em três Terminologias diferentes, que são: Modelagem Científica, Modelagem Didático-Científica e Modelização. Aplicados em 4 áreas do conhecimento diferentes, Astronomia, Biologia, Ciências e Física.

Destacamos os nomes de Justi e Gilbert[9] que aparecem 13 vezes em 4 terminologias diferentes, que são: Ensino Fundamentado em Modelagem, Modelagem, Modelagem Analógica e Modelagem Científica. Com artigos publicados em 3 disciplinas diferentes: Biologia, Ciências e Química

Hestenes e Ausubel são os referenciais de quatro artigos e Biembengut em três artigos. Os três referenciais têm seus trabalhos publicados em duas terminologias diferentes. Organizados em Modelagem Científica e Modelagem Matemática para

[9] A autora Rosária Justi e o autor John K. Gilbert são citados como referencial de outros artigos, de forma separada ou com outros nomes, esses outros artigos foram incluídos no total combinado dos dois autores, totalizando 13 artigos em quatro terminologias diferentes.

Hestenes, Modelagem Computacional e Modelagem Matemática para Ausubel e Modelagem Matemática e Modelagem para Biembengut.

Ao fazer uma análise entre os Referenciais Teóricos e a Natureza da Pesquisa, identificamos que entre os artigos classificados como Revisão de Literatura, com um total de 16 artigos, identificamos que em 14 artigos o referencial foi classificado como Indefinido. Informação que pode indicar uma tendência das revisões de literatura a não se aprofundarem em uma única base teórica, fornecendo uma visão mais ampla sobre Modelagem.

Tabela 11 – Distribuição dos Referenciais Teóricos por Natureza do Estudo

Referenciais	**Pesquisa**	**Reflexão Teórica**	**Relato de Experiência**	**Revisão de Literatura**
Indefinido	20	10	7	14
Bassanezi	10	3	5	
Barbosa	14	2		2
Bunge	9	6	2	
Justi e Gilbert	11	1	1	
Sem Referencial	6	3	3	
Hestenes	4			
Ausubel	4			
Biembengut	1	1	1	
Total	**79**	**26**	**19**	**16**

Fonte: Elaborado pelo autor

Na Tabela 11, podemos ver a distribuição dos referenciais teóricos por natureza de pesquisa, constatando a predominância de publicações do tipo Pesquisa nos referenciais analisados. O referencial Bunge aparece com a maior proporção de artigos em relação ao total como Reflexão Teórica, indicando que suas contribuições são fundamentais para a compreensão conceitual da Modelagem, além de ter aplicações em pesquisas empíricas.

Com estes dados, evidenciamos as características desse campo de pesquisa interdisciplinar, com uma diversidade de referenciais teóricos utilizados no ensino de Ciências e Matemática. A maioria dos referenciais tem ênfase maior em pesquisas

empíricas do que em reflexões teóricas ou relatos de experiência, colocando em evidência a aplicação da Modelagem. Com uma quantidade significativa de artigos sem um referencial definido, constatamos a necessidade de uma base conceitual estruturada de maneira que proporcione uma maior consistência dos estudos sobre Modelagem. As diferentes abordagens são aplicadas em diferentes disciplinas e naturezas de pesquisa, o que demonstra a versatilidade da Modelagem em pesquisas e como ferramenta educacional.

Considerações Finais

Nesta pesquisa buscamos revisar artigos sobre Modelagem no contexto do Ensino de Ciências e Matemática no Brasil. Para realizar algumas considerações sobre os resultados obtidos, retornamos à pergunta norteadora: *"Como se caracteriza a produção científica nos periódicos nacionais do estrato A1 dedicada a Modelagem, no campo do Ensino de Ciências e Matemática?"*. Para responder a essa questão, realizamos uma revisão de literatura que forneceu elementos fundamentais para caracterizar nosso objeto de estudo.

Para esta dissertação, adotamos a metodologia da revisão integrativa de literatura. Esse é um método que oferece uma análise abrangente e sistemática, integrando resultados de pesquisas experimentais e não experimentais. Sendo assim, nos permitiu elaborar uma análise do recorte estabelecido da produção científica nacional sobre Modelagem no Ensino de Ciências e Matemática, tendo como base os artigos selecionados nos periódicos do estrato A1 e um intervalo temporal significativo.

A análise dos artigos foi construída em dois momentos: no primeiro fizemos a análise bibliométrica, com o foco maior na análise quantitativa da produção de artigos. Analisamos os diferentes periódicos, a evolução temporal, os termos mais utilizados nos títulos, autores e as palavras-chave. No segundo momento, realizamos uma análise de conteúdo, sobre as disciplinas, a natureza das pesquisas, as diferentes terminologias e os referenciais teóricos adotados. A partir destas análises desenvolvemos uma compreensão da produção científica em Modelagem no campo do Ensino de Ciências e Matemática.

Dessa forma, a análise bibliométrica forneceu um conhecimento quantitativo sobre a evolução da pesquisa em Modelagem. Os dados obtidos em relação aos periódicos revelaram uma tendência de crescimento no número de artigos ao longo dos anos, indicando um aumento no interesse pela Modelagem. Destacamos que BOLEMA, EMP e RBEF, são os periódicos que concentram 64% das publicações, mostrando uma tendência de publicações em periódicos consolidados na área. Essa concentração pode ser parcialmente explicada pelo fato de BOLEMA e RBEF serem os periódicos mais

antigos entre os analisados, o que contribui para o maior volume de artigos publicados nessas revistas.

A análise dos títulos e palavras-chave mostrou similaridades na utilização das terminologias, que evidencia um alinhamento na forma de descrever suas pesquisas em Modelagem. A repetição de termos fundamentais nos títulos e nas palavras-chave, aponta uma busca por coesão na comunicação dos resultados de pesquisa. Dessa forma, há uma facilidade na identificação das tendências e dos temas abordados, promovendo uma visão mais abrangente das áreas de foco dentro da pesquisa em Modelagem.

Neste estudo, também identificamos os principais pesquisadores no Brasil e suas contribuições no campo da Modelagem. O conhecimento desses nomes nos possibilita destacar as suas principais pesquisas, as redes de colaboração e as possíveis contribuições no direcionamento de futuras pesquisas em Modelagem. Visto que esses autores instituem novos referenciais teóricos e metodologias que orientam novas investigações e a aplicação de atividades de Modelagem no Ensino de Ciências e Matemática.

A análise de conteúdo possibilitou uma visão detalhada sobre as disciplinas, a natureza das pesquisas, as terminologias adotadas e os referenciais. Podemos destacar que a Modelagem tem aplicações em várias disciplinas, verificando assim uma característica interdisciplinar. A natureza das pesquisas apresenta uma tendência maior de artigos de natureza empírica, demonstrando o caráter prático da Modelagem em atividades educacionais. As pesquisas na área de Matemática e Física se destacam em relação as outras áreas, pois essas disciplinas a são duas áreas de pesquisas com maior número de referenciais teóricos consolidados na Modelagem. A Química apresenta uma evolução no número de trabalhos publicados a partir do ano de 2010, ano da publicação do primeiro artigo desta amostra. Nas áreas de Biologia e Ciências encontramos artigos em períodos desconectados, possivelmente devido as características mais diversas desses campos de pesquisas.

A Terminologia mais utilizada é a Modelagem Matemática, devido ao quantitativo expressivo de artigos na área de Matemática, com 99 dos 101 artigos analisados utilizando Modelagem Matemática em suas pesquisas. Os referenciais da Modelagem Matemática são os mais utilizados dentre os identificados. As outras Terminologias apresentam um número menor de artigos publicados e em áreas

diferentes, com exceção da Modelagem Analógica que tem artigos de Química e a Modelagem Computacional e Modelagem Didático-Científica que apresentam artigos de Física. Os referenciais estudados nesta pesquisa são os que se destacaram com maior número de artigos, possibilitando uma caracterização das pesquisas sobre Modelagem no ensino de Ciências e Matemática. O referencial Indefinido com 51 artigos possui o maior número de ocorrências, com uma concentração de artigos na área de Matemática e com a terminologia Modelagem Matemática.

Neste estudo, concentramos nossa análise em artigos publicados em periódicos classificados no estrato A1 do Qualis, que são os mais bem avaliados pela CAPES. Assim, reconhecemos que esta restrição excluiu periódicos de diferentes estratos do Qualis, dissertações, teses, anais de congressos e livros. Os termos de pesquisa utilizados podem não cobrir todos os estudos da área de Ensino de Ciências e Matemática, existindo assim a possibilidade de estudos sobre Modelagem que utilizem termos diferentes. Por exemplo, algumas pesquisas utilizam os termos Modelação ou Modelamento, que não utilizamos em nossa busca. Essas limitações indicam possibilidades para pesquisas futuras, que contemplem um número maior de publicações, permitindo um mapeamento mais abrangente e uma maior compreensão do cenário da pesquisa sobre Modelagem no Ensino de Ciências e Matemática.

Com esta pesquisa, evidenciamos que a Modelagem tem mostrado um crescimento e tem se consolidado como relevante no Ensino de Ciências e Matemática. A revisão integrativa de literatura nos forneceu uma base sólida, que possibilitou elaborar um panorama do crescimento da pesquisa e também compreender como a Modelagem tem sido aplicada nas práticas educacionais e discutida nas pesquisas acadêmicas. Assim, esperamos enriquecer o debate teórico e oferecer subsídios para pesquisadores e educadores interessados em agregar a Modelagem a suas práticas pedagógicas.

Para responder a pergunta desta pesquisa, ficou evidente que a produção científica sobre Modelagem é predominantemente constituída por artigos nas áreas de Matemática e Física, que representam 86% das publicações, concentradas em três periódicos que reúnem 64% dos trabalhos. Como isso, a terminologia mais utilizada e com o maior número de referenciais é a Modelagem Matemática. A análise bibliométrica revelou um aumento significativo nas publicações ao longo do tempo,

assim como o uso frequente nas palavras-chave e nos títulos de termos que representem as tendências e focos das pesquisas. Constata-se um potencial de expansão das pesquisas em Modelagem em outras disciplinas, além de Matemática e Física, o que mostra uma oportunidade para futuros estudos com o objetivo de explorar novas metodologias e contextos de aplicação em áreas menos representadas, contribuindo para uma visão mais abrangente do campo.

Referências

BASSANEZI, Rodney C., Modelagem Matemática. **DYNAMIS – Revista Tecno-Científica.** Universidade Regional de Blumenau. Vol. 2, n. 7, p. 55 – 80, 1994.

BASSANEZI, Rodney C., **Ensino–Aprendizagem com Modelagem Matemática**. São Paulo: Contexto, 2002. 389p.

BARBOSA, Jonei Cerqueira. Modelagem matemática e os professores: a questão da formação. **Bolema: Boletim de Educação Matemática**, v. 14, n. 15, 2001.

BARBOSA, Jonei Cerqueira. **Modelagem Matemática: o que é? por quê? como?** Veritati, Salvador, n. 4, p. 73-80, 2004.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. 4 ed. Lisboa, Edições 70, 1977.

BIEMBENGUT, Maria Salett. **Modelagem Matemática & Implicações no Ensino-Aprendizagem de Matemática**. Editora da FURB: Blumenau, 1999.

BIEMBENGUT, M. S. 30 Anos de Modelagem Matemática na Educação Brasileira: das propostas primeiras às propostas atuais. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 2, n. 2, 2009.

BIEMBENGUT, M. S. **Modelagem matemática no Ensino Fundamental**. Editora da FURB: São Paulo, 2014.

BIEMBENGUT, M. S.; HEIN, N. **Modelagem matemática no ensino**. 5 ed. São Paulo: Contexto, 2009.

BORBA, Marcelo de Carvalho. **Calculadoras Gráficas e Educação Matemática**. Série Universidade Santa Ursula, RJ, 1999.

BRANDÃO, Rafael Vasques; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. A modelagem científica vista como um campo conceitual. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [S. l.], v. 28, n. 3, p. 507–545, 2011. DOI: 10.5007/2175-7941.2011v28n3p507.

BUNGE, Mario. **Teoria e realidade**. Tradução: Gita K. Guinsburg. (Debates, 72). São Paulo: Editora Perspectiva, 1974. 243 p.

BURAK, D. **Modelagem Matemática**: ações e interações no processo de ensino-aprendizagem. 1992. 460f. Tese (Doutorado em Educação) —Faculdade de Educação. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. -SP, 1992.

COLL, Richard K.; LAJIUM, Denis. Modeling and the future of science learning. In: **Models and modeling**. Dordrecht: Springer Netherlands, p. 3-21, 2011.

D'AMBROSIO, U. A Matemática nas escolas. **Educação Matemática em Revista**, São Paulo, ano 9, n. 11, p. 29-33, 2002.

DEVELAKI, Maria. The model-based view of scientific theories and the structuring of school science programmes. **Science & Education**, v. 16, n. 7, p. 725-749, 2007.

DUIT, Reinders; GLYNN, Shawn. Mental Modelling. In: WELFORD, G.; OSBORNE, J.; SCOTT, P. (Eds.). **Research in Science Education in Europe**: Current Issues and Themes. London: Falmer Press, 1996, p. 166-176.

ECHER, Isabel Cristina. A revisão de literatura na construção do trabalho científico. **Revista Gaúcha de Enfermagem**, Porto Alegre, v. 22, n. 2, p. 5, 2008.

FERRACIOLI, Laercio; GOMES, Thieberson da Silva; DA SILVA, Rodrigo Marques Almeida; MULINARI, Mara Hombre; DE OLIVEIRA, Rafael Rodrigues; CAMILLETI, Giuseppi Gava; MORELATO, Francis; FEHSENFELD, Kathia; VERBENO, Carlos Henrique. Ambientes de modelagem computacional no aprendizado exploratório de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [S. l.], v. 29, p. 679–707, 2012. DOI: 10.5007/2175-7941.2012v29nesp2p679.

FIGUEIRA, Jalves S.. Easy Java simulations: modelagem computacional para o ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 4, p. 613–618, out. 2005.

GILBERT, John K.; BOULTER, Carolyn J. Learning science through models and modelling. In: FRASER, B, TOBIN, K. (Eds). **International Handbook of Science Education vol 2**. London: Kluwer Academics, 1998. p. 53-66.

GILBERT, John K.; PIETROCOLA, Maurício; ZYLBERSZTAJN, Arden; FRANCO, Creso. Science and education: Notions of reality, theory and model. In: GILBERT, John K.; BOULTER, Carolyn. **Developing models in science education**. Dordrecht: Springer, 2000. p. 19-40.

GILBERT, John K.; JUSTI, Rosária. Models of Modelling. In: **Modelling-Based Teaching in Science Education**. Springer International Publishing, 2016. p. 17-40.

GRECA, Ileana Maria; MOREIRA, Marco Antonio. Mental models, conceptual models, and modelling. **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 1, p. 1-11, 2000.

HARRISON, Allan G.; TREAGUST, David F. A typology of school science models. **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 9, p. 1011-1026, 2000.

HEIDEMANN, Leonardo Albuquerque. **Ressignificação das atividades experimentais no ensino de física por meio do enfoque no processo de modelagem científica**. 2015. (Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul). Lume — Repositório Digital da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/117767

HEIDEMANN, Leonardo Albuquerque; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. Modelagem Didático-científica: integrando atividades experimentais e o processo de modelagem científica no ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, *[S.l.]*, v. 33, n. 1, p. 3–32, 2016. DOI: 10.5007/2175-7941.2016v33n1p3.

KRAPAS, Sonia; QUEIROZ, Glória; COLINVAUX, Dominique; FRANCO, Creso. Modelos: uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em ensino de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, *[S. l.]*, v. 2, n. 3, p. 185–202, 2016.

KRIPPENDORFF, K. **Metodologia de análisis de contenido: teoria e práctica**. Barcelona, Ediciones Paidós, 1990.

MACHADO, Juliana. **A Construção de modelos no ensino de física:** da realidade à conceitualização. 2017. Tese (Doutorado em Ciência, Tecnologia e Educação). Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Educação, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2017.

MENDES, Karina D. S.; SILVEIRA, Renata C. D. C. P.; GALVÃO, Cristina M.. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. **Texto & Contexto - Enfermagem**, v. 17, n. 4, p. 758–764, 2008.

MORAES, Roque. Análise de conteúdo. **Revista Educação, Porto Alegre**, v. 22, n. 37, p. 7-32, 1999.

MOREIRA, Marco Antonio. Modelos científicos, modelos mentais, modelagem computacional e modelagem matemática: aspectos epistemológicos e implicações para o ensino. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 7, n. 2, 2014.

OLABUENAGA, J.I. R.; ISPIZUA, M.A. **La descodificacion de la vida cotidiana: metodos de investigacion cualitativa**. Bilbao, Universidad de deusto, 1989.

PAZ, Alfredo M. da; ABEGG, Ilse; ALVES FILHO, José P.; OLIVEIRA, Vera Lúcia B. de. MODELOS E MODELIZAÇÕES NO ENSINO: UM ESTUDO DA CADEIA ALIMENTAR. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 8, n. 2, p. 157–170, jul. 2006.

SCHWARZ, Christina V.; REISER, Brian J.; DAVIS, Elizabeth A.; KENYON, Lisa; ACHER, Andres; FORTUS, David; SHWARTZ, Yael; HUG, Barbara; KRAJCIK, Joe. Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 46, n. 6, p. 632–654, 2009.

SEEL, Norbert M. Model-based learning: a synthesis of theory and research. **Education Techonology Research and Development**, v. 65, p 1-36 2017.

SILVEIRA, E. **Modelagem matemática em educação no Brasil**: entendendo o universo de teses e dissertações. 2007. 204 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

VEIT, Eliane A. Modelagem computacional no ensino de Física. In: **Simpósio Nacional De Ensino De Física**, 16., 2005. Rio de Janeiro.

VEIT, Eliane A., ARAÚJO, Ives S. (2010). Modelagem computacional aplicada ao ensino de ciências. Em Moreira, M.A., Veit, E.A. **Ensino superior: bases teóricas e metodológicas.** São Paulo: E.P.U. 225p