

MODELAGEM NO ENSINO DE CIÊNCIAS: UM OLHAR PARA AS PESQUISAS BRASILEIRAS

MODELLING IN SCIENCE TEACHING: A LOOK AT BRAZILIAN RESEARCH

Angelita Lopes Dahmer ¹ 
Sandra Maria Wirzicki ² 

Resumo

A modelagem, na educação chamada modelação, segundo Biembengut (2016), vem sendo apresentada como uma possibilidade de ensino participativo. Este artigo apresenta e discute o estado da arte da modelagem no ensino de Ciências e na formação inicial e continuada de professores da área de Ciências da Natureza (CN), a partir de teses e dissertações publicadas na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações. O nosso objetivo foi conhecer práticas de modelação desenvolvidas no ensino e na formação de professores na área de CN. A busca ocorreu por meio dos termos modelagem, ensino e Ciências, no título, resumo e palavras-chave, sem delimitação de tempo. Das 738 ocorrências foram selecionadas 13 pesquisas por tratarem do tema modelagem no ensino de Ciências. As pesquisas foram analisadas por meio da Análise Textual Discursiva, conforme Moraes e Galiazzzi (2016). As 231 unidades de significado foram organizadas em categorias emergentes: *Modelagem: investigação, argumentação, conhecimentos e ausências; Modelos nas Ciências; e Professores e Modelagem: formação e aprendizados*. A análise das pesquisas evidenciou o potencial das atividades de modelagem para o desenvolvimento de alunos protagonistas da construção de seus conhecimentos, do professor como mediador dos processos de ensino e de aprendizagem e do ensino de Ciências com sentido, e indicou que atividades de modelagem são pouco desenvolvidas no ensino, seja pela formação do professor, pelas resistências de alunos e professores, ou, ainda, pelo tempo exigido no desenvolvimento. Essa situação impulsiona-nos para disseminar conhecimentos acerca dos modelos e da modelagem em contexto escolar como qualificadores do ensino de Ciências.

Palavras-chave: Ciências. Ensino e Aprendizagem com Modelação. Formação e Prática Docente.

Abstract

Modelling, according to Biembengut (2016), has been presented as a possibility for participative teaching. This article presents and discusses the state of art of modelling in Science education and in the initial and continuing teacher training in Natural Science area, based on theses and dissertations published in the Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations. Our main objective was to get to know the modelling practices developed in the teaching and training of teachers in the Natural Science area. The search took place using the terms modelling, teaching and Science, in the title, abstract and keywords, with no time limits. 13 studies were selected out of 738 samples, for dealing with modelling in Science teaching. A programme of research was undertaken using Discursive Textual Analysis, according to Moraes and Galiazzzi (2016). The 231 units of meaning were organised into emerging categories: *Modelling: investigation, argumentation, knowledge and absences; Models in Science; and Teachers and Modelling: teacher training and learning*. The analysis indicated the potential of modelling activities for the development of students who are protagonists in the construction of their knowledge, of the teacher as a mediator of the teaching and learning processes and the teaching of Science with meaning, and indicated that modelling activities are not enough developed in teaching, whether by teacher training, by the resistance of students and teachers, or even by the time required for development. This situation drives us to disseminate knowledge about models and modelling in the school context as qualifiers for Science teaching.

Keywords: Science. Teaching and Learning with Modelling. Teacher Training and Practice.

¹Possui especialização em Ciências Ambientais, com ênfase em Saúde e Meio Ambiente pela Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (2005), Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (2003). Atua como professora de biologia no ensino médio da Escola de Educação Básica José Adolfo Meister em Caibaté/RS e da Escola de Ensino Médio Santo Estanislau, em Mato Queimado/RS. Atualmente é mestrandra do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal da Fronteira Sul - Campus Cerro Largo/RS (2021-2022).

²Doutora em Educação nas Ciências, professora do curso de Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal da Fronteira Sul, Realeza/PR e professora do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo/RS/Brasil

Introdução

Na educação são utilizadas diversas ferramentas e métodos na busca por processos de ensino e de aprendizagem que sejam capazes de, a partir das vivências dos alunos, desenvolver conhecimentos científicos que tenham sentido e relevância na vida destes. Um dos métodos que vem sendo apontado como possibilidade de ruptura com o ensino mais tradicional na área de Ciências da Natureza (CN) é a modelagem ou modelação (BIEMBENGUT, 2016; DUSO *et al.*, 2013; JUSTI, 2015).

Neste trabalho apresentamos e discutimos o estado do conhecimento da modelagem no ensino de Ciências e na formação inicial e continuada de professores da área de CN, pela pesquisa em teses e dissertações publicadas na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) no período de 2006 a 2020.

A legislação brasileira de educação, em seu documento normativo – a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018) para o Ensino Médio – traz o compromisso da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT)

[...] com a formação dos jovens para o enfrentamento dos desafios da contemporaneidade, na direção da educação integral e da formação cidadã. Os estudantes, com maior vivência e maturidade, têm condições para aprofundar o exercício do pensamento crítico, realizar novas leituras do mundo, com base em modelos abstratos, e tomar decisões responsáveis, éticas e consistentes na identificação e solução de situações-problema (p. 537).

A educação em âmbito de Ensino Médio trabalha com jovens que estão em desenvolvimento. Os conteúdos que exigem pensamentos abstratos ainda são um desafio a ser superado, e são necessárias metodologias e estratégias adequadas ao grau de ensino que ajudem na compreensão dos mesmos.

No texto da BNCC, na área de CNT, encontramos os modelos citados nas habilidades EM13CNT201 e EM13CNT301 a serem desenvolvidas pelos educandos quando se refere à evolução da vida, da Terra e do Universo e ao resolver situações-problema pela perspectiva científica (BRASIL, 2018).

Observamos que na BNCC os modelos configuram recursos a serem utilizados pelos professores para ajudar na construção das habilidades relacionadas às CNT, uma vez que podem auxiliar os alunos a compreenderem a evolução da ciência assim como as previsões realizadas a partir do seu desenvolvimento.

A ciência, na visão de Justi (2015, p. 37),

[...] é um empreendimento humano motivado pela curiosidade de entender o mundo por meio da produção de conhecimento científico provisório e que se modifica de forma dinâmica e não linear em diferentes contextos históricos, sociais, políticos e econômicos.

Neste sentido, a construção do conhecimento realizada pelos alunos, na escola ou fora dela, servirá para entender os conhecimentos científicos e, especialmente, utilizá-los em sua vida cotidiana. Para Paz *et al.* (2006, p. 167)

[...] a aprendizagem em Ciências da Natureza e suas Tecnologias não deveria limitar-se a oferecer trocas de concepções pré-estabelecidas e selecionadas pelos docentes, e sim tentar encontrar estratégias que facilitassem ao estudante modificá-las, assim como seus esquemas interpretativos, de forma autônoma, cada vez que a situação problema o desafiasse.

Na educação, seja ela formal ou não formal, um dos objetivos é que o indivíduo se aproprie de conceitos para pensar, agir e refletir sobre eles em seu dia a dia, de forma a tornar-se protagonista de sua vida.

Para Biembengut (2016, p. 23), “[...] modelagem é o processo envolvido na feitura de um modelo”, que pode ser de qualquer área do conhecimento. A autora defende que a modelagem na educação é um método, semelhante ao de uma pesquisa, que pode ser utilizado, ao mesmo tempo, para o ensino dos conteúdos do currículo e da pesquisa. “Ao utilizar-se da modelagem na educação, temos a modelação” (BIEMBENGUT, 2016, p. 47).

Neste trabalho a expressão modelo

[...] é usada em relação ao contexto científico e significando que um modelo (i) é uma representação parcial de um objeto, um evento, um processo ou uma ideia (dentre várias possíveis); (ii) é utilizado com uma finalidade específica (por exemplo, facilitar a visualização de algum aspecto, favorecer o entendimento, promover a elaboração de previsões e o desenvolvimento de novas ideias); (iii) é passível de modificações (JUSTI; GILBERT *in press apud* JUSTI, 2004, p. 1).

Pelo exposto sobre modelos, percebe-se que há vários significados no contexto científico que professores e alunos devem ter presentes ao trabalhar com os mesmos, especialmente sobre o fato de que os modelos não são a realidade; eles podem representar, parcialmente, sempre com limitações, o objeto, ideia ou evento em estudo e ser modificados.

Diante do exposto, realizamos um levantamento de teses e dissertações na área de CN que tratam dos processos de ensino e de aprendizagem com modelação, desenvolvidos no ensino e na formação inicial ou continuada de professores da área publicados na BDTD, com o objetivo de conhecer práticas de modelação desenvolvidas no ensino e na formação de professores na área de CN.

Para conhecer e discutir sobre modelagem nas Ciências a partir das pesquisas brasileiras publicadas na BDTD, temos a seguinte questão norteadora neste trabalho: Como mostram-se as práticas de modelagem desenvolvidas no ensino e na formação de professores na área de CN?

Metodologia

Este estudo é de abordagem qualitativa do tipo bibliográfica, estado da arte;

[...] as pesquisas de caráter bibliográfico, com o objetivo de inventariar e sistematizar a produção em determinada área do conhecimento (chamadas, usualmente, de pesquisas do estado da arte), são recentes, no Brasil, e são, sem dúvida, de grande importância, pois pesquisas desse tipo é que podem conduzir à plena compreensão do estado atingido pelo conhecimento a respeito de determinado tema, sua amplitude, tendências teóricas, vertentes metodológicas (SOARES; MACIEL, 2000, p. 9).

Salienta-se que a compreensão do estado da arte sobre um tema é necessária no processo de evolução da ciência, com a finalidade de ordenação periódica do conjunto de informações e resultados já obtidos; ordenação que possibilita a integração de diferentes perspectivas, a identificação de duplicações ou contradições e a determinação de lacunas ou vieses (SOARES; MACIEL, 2000).

Para identificar o estado da arte quanto ao tema modelagem no ensino de ciências, realizamos um levantamento na BDTD do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), que coordena o repositório, em parceria com as instituições brasileiras de ensino e pesquisa, como forma de dar visibilidade à produção científica nacional. Atualmente são 125 instituições que participam da biblioteca digital, aonde são encontrados 682.453 documentos, dos quais 183.413 são teses e 499.091 são dissertações (BDTD, 2021).

Foram pesquisadas teses e dissertações pelos descritores modelagem, ensino e ciências, no título, resumo e palavras-chave, sem delimitação de tempo. O número de ocorrências foi de 738 publicações, sendo selecionadas aquelas que tratam do tema modelagem no ensino de ciências. Assim, enquadram-se no escopo deste trabalho 13 publicações, sendo 3 teses e 10 dissertações, defendidas no período de 2006 a 2020. Nos anos de 2015 e 2018 encontramos duas publicações de dissertações em cada ano, e no ano de 2019 são três publicações, sendo duas dissertações e uma tese, mais bem detalhadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Teses e dissertações analisadas

Natureza/ Identificador	Ano	Universidade	Autor	Título
Dissertação/ D1	2006	Universidade Federal de Minas Gerais	Poliana Flávia Maia Ferreira	Modelagem e suas contribuições para o ensino de ciências: uma análise no estudo de equilíbrio químico
Tese/ T1	2009	Universidade Federal de Minas Gerais	Poliana Flávia Maia	Habilidades investigativas no ensino fundamentado em modelagem
Dissertação/ D2	2010	Universidade de Brasília	Ana Paula Pinto Viana	Estratégias de ensino-aprendizagem de conceitos relacionados ao tema equilíbrio químico utilizando modelagem e modelos

Dissertação/ D3	2012	Universidade de Brasília	Delzimar Prates Alves	Formação continuada para professores de Ciências nas séries iniciais: uso de modelos e modelagem para introdução de conceitos químicos
Dissertação/ D4	2014	Universidade Federal Rural de Pernambuco	Paula da Veiga Pessôa Dias	Um estudo dos saberes acerca dos modelos e da modelagem no ensino de ciências: possíveis contribuições de um processo formativo
Dissertação/ D5	2015	Universidade de Brasília	Jéssika Silva de Andrade	A abordagem de modelos atômicos para alunos do 9º ano do Ensino Fundamental pelo uso de modelos e modelagem numa perspectiva histórica
Dissertação/ D6	2015	Universidade Federal de Minas Gerais	Mary Mendes Oliveira dos Anjos	Contribuições das práticas de modelagem e argumentação para a compreensão do processo de dissolução: um estudo de caso com os estudantes do Ensino Fundamental
Dissertação/ D7	2018	Universidade de São Paulo	Maurício Nagata Yoshida	Explicação e argumentação em atividades de modelagem para o Ensino Fundamental
Dissertação/ D8	2018	Universidade Estadual de Goiás	Silvana Pereira de Aquino	O ensino de genética utilizando modelos didáticos: uma proposta metodológica na formação inicial de professores
Dissertação/ D9	2019	Universidade de Caxias do Sul	Fernanda Troes	Modelagem no ensino de ciências: uma análise no estudo de ligações iônicas
Dissertação/ D10	2019	Universidade Federal de Minas Gerais	Monique Aline Ribeiro dos Santos	Compreendendo visões de estudantes sobre ciências e suas relações com o ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico
Tese/ T2	2019	Universidade de Brasília	Paulo Vitor Teodoro de Souza	Modelos de simulação qualitativos como estratégia para o ensino de Ciências
Tese/ T3	2020	Universidade Federal de Minas Gerais	Marina Rodrigues Martins	Elaboração e aplicação de uma ferramenta para análise do diálogo em sala de aula: um estudo em atividades de ensino fundamentado em modelagem nos contextos cotidiano, científico e sociocientífico

Fonte: As autoras, 2021.

Para verificação dos dados utilizamos a Análise Textual Discursiva (ATD), segundo Moraes e Gialazzi (2016). Esta forma de analisar o texto é constituída por três elementos principais:

- a unitarização dos textos – quando os textos são separados em unidades de significado. Durante a leitura de cada dissertação e tese fomos identificando as unidades de significado/descritores referentes ao nosso tema: modelagem, modelação, modelização, modelos, formação de professores em ensino de ciências. Cada unidade de significado/descritor recebeu um código conforme a natureza do trabalho, o identificador e a ordem no texto para facilitar a organização da próxima etapa: a categorização;
- a categorização – articulação de significados semelhantes. Nesta etapa as unidades de significado identificadas nas teses e dissertações analisadas foram agrupadas de acordo com a afinidade em categorias iniciais, intermediárias e finais. Neste trabalho temos categorias emergentes, uma vez que são construídas a partir da análise do *corpus*;
- a comunicação – movimento intenso de interpretação e argumentação. Com a reorganização das unidades de significado em categorias emergentes faz-se necessária a produção do metatexto para expressar a compreensão atingida sobre o fenômeno pesquisado. Cada categoria é apresentada e discutida nos resultados.

Neste trabalho os excertos das teses e dissertações serão identificados, ao longo das categorias, pelo código, ano e página, por exemplo: D1, 2006, p. xxx.

Resultados e Discussão

A partir das nossas leituras do *corpus* – 3 teses e 10 dissertações – identificamos 231 unidades de significado (US) relacionadas ao tema práticas de modelação, desenvolvidas no ensino e na formação de professores na área de CN. As unidades foram categorizadas em 54 categorias iniciais e 11 intermediárias, de onde emergiram 3 categorias finais. No Quadro 2 apresentamos algumas categorias iniciais (CI), categorias intermediárias (CIm), quando optamos por trazer aquelas que mais reuniram USs, e as categorias finais (CF). Cada categoria é identificada por seu código, seguida de uma US exemplo.

Quadro 2 – Algumas das categorias iniciais, intermediárias e finais

Código da categoria	US	Categorias	US exemplo de cada categoria
Categorias Iniciais			
CI2	15	Alunos sujeito ativo na construção do conhecimento	“Foi possível observar uma evolução significativa nos modelos apresentados pelos alunos e o quanto eles valorizaram a

			sua participação no processo investigativo”. D2.15
CI9	12	Construção e reformulação de modelos	“um ensino baseado em atividades de construção e reformulação de modelos”. D1.1
CI12	8	Ensino e construção de modelos promovem aprendizado participativo	“Em atividades de construção e reformulação de modelos os estudantes são considerados participantes ativos no processo de aprendizagem, promovendo seus próprios acertos (em relação à tarefa) e construindo relações significativas através de suas experiências”. D9.4
CI19	10	Modelagem e argumentação interligadas	“Nossos resultados revelam que o processo de modelagem contribui com as práticas argumentativas e explicativas à medida que permite o aumento gradual de complexidade dessas práticas”. D7.13
CI24	11	Modelagem possibilita a compreensão do processo de construção do conhecimento científico, a complexidade dos dados e das teorias	“[...] assumimos que modelagem é um processo cíclico, complexo, criativo, não linear, não predeterminado e, portanto, dinâmico, tanto de elaboração e expressão de modelos como de utilização dos mesmos na construção do conhecimento científico”. D10.5
CI32	14	Modelos e modelagem têm papel central no ensino de ciências	“[...] modelos e modelagem são elementos-chaves da ciência e, consequentemente, da educação em ciências”. D4.5
CI44	12	O trabalho com modelagem demanda formação dos professores	“Os professores só estarão aptos para construção de modelos em sala de aula no momento em que eles apresentarem uma compreensão adequada do uso dos modelos na Ciência”. D3.20
Categorias Intermediárias			
CIm2	73	Contribuição dos modelos e modelagem na construção do conhecimento flexível, crítico e criativo	“[...] o envolvimento dos alunos em atividades de modelagem ajuda a promover um entendimento que vai além da memorização de fatos e informações e tende a favorecer o desenvolvimento de um conhecimento flexível e crítico que pode ser aplicado e transferido para diferentes situações e problemas”. D1.4
CIm6	23	Modelagem e argumentação	“[...] apontam que a argumentação auxilia

		interligadas no ensino	os estudantes a modificarem modelos ingênuos para modelos mais sofisticados e coerentes com os modelos científicos”. D7.11
CIm7	46	Modelos: ferramenta dos cientistas, produtos da ciência, artefatos epistêmicos	“A construção e a aplicação de modelos são essenciais no processo da pesquisa científica, constituindo parte do processo natural de construção do conhecimento pelo ser humano”. D2.8
CIm10	12	Professor na modelagem: guia, facilita e acompanha o processo	“[...] ao longo das atividades, a observação direta do processo permitiu verificar a maior desenvoltura dos estudantes ao construir seus modelos, principalmente em relação ao dinamismo das ações do grupo”. T1.18
CIm11	18	Professores apresentam dificuldades em relação à modelagem	“Percebemos que, nesse nível de ensino – séries iniciais do Ensino Fundamental – os professores brasileiros não trabalham com a estratégia de modelos e modelagens”. D3.15
Categorias Finais			
CF1	145	Modelagem: investigação, argumentação, conhecimentos e ausências	“Na modelagem pode haver várias respostas e formas de chegar a uma solução”. T2.7
CF2	46	Modelos nas ciências	“O uso dos modelos é muito importante tanto no contexto da ciência quanto no da sala de aula. Isto porque os modelos são instrumentos capazes de mediar as teorias e o mundo”. D6.2
CF3	40	Professores e modelagem: formação e aprendizados	“[...] em trabalho realizado com professores na formação inicial, constataram que a utilização de modelos conduziu a resultados positivos”. D8.9

Fonte: As autoras, 2021.

A seguir discutiremos cada uma das categorias finais.

a) Modelagem: investigação, argumentação, conhecimentos e ausências

As atividades de modelagem, nos trabalhos analisados, estão associadas a práticas de investigação de algum assunto de interesse dos alunos, seja ele do cotidiano ou científico, partindo dos conhecimentos iniciais. Com o engajamento dos alunos desenvolvem-se as atividades de construção do modelo. Nesse percurso ocorrem discussões e trocas entre os alunos e o professor, com o objetivo de chegar a um modelo que explique, com maior número de detalhes, o assunto

em questão. Professores e alunos devem estar cientes de que o modelo não explicará totalmente o assunto em discussão, e que podem reformular o modelo ou descartar ele caso não atenda ao objetivo proposto, pelo menos em parte.

A modelagem apresenta-se como uma forma de construção do conhecimento que envolve o pensar, o agir e o refletir sobre o fenômeno em análise. Para Bonotto e Scheller (2018, p. 352),

[...] a modelagem na educação orienta-se pelo ensino do conteúdo curricular (e não curricular) a partir da elaboração ou (re)elaboração/adaptação de modelos aplicados em alguma área do conhecimento e pela orientação dos alunos à pesquisa.

Nesse caminho de construção do conhecimento com atividades de modelagem, uma das habilidades a ser desenvolvida é a argumentação, quando o aluno pode construir argumentos sobre seu modelo, ou aspectos dele, para defendê-lo no grupo de trabalho e perante os outros que validarão ou não seu modelo. Buscar conhecimentos científicos e refletir sobre eles na construção de argumentos, portanto, é uma das ações envolvidas nas atividades de modelagem que pode levar à construção de conhecimentos de diferentes naturezas: social, científica e sociocientífica, dependendo do fenômeno investigado, do engajamento dos alunos e da condução do professor.

Conforme Justi (2015, p. 45, grifo da autora), “[...] na ciência, as práticas de **argumentar** e **modelar** são indissociáveis e apontam para o ensino fundamentado em modelagem como uma das alternativas para se promover um Ensino de Ciências autêntico”. Segundo a autora, um ensino autêntico refere-se ao envolvimento dos estudantes com os conhecimentos da ciência e ao metaconhecimento sobre estratégias para a aprendizagem de Ciências.

No processo de modelagem as diferentes atividades desenvolvidas propiciam a relação entre o teórico e o real, posto que a modelagem se apresenta como uma possibilidade efetiva para os processos de ensino e de aprendizagem em Biologia (DUSO, 2012). A modelagem é vista como uma oportunidade para a interligação entre os diferentes componentes curriculares da área de CN, pois, ao modelar, os alunos podem mobilizar conceitos da área com a intenção de explicar o fenômeno em análise. Para D6 (2015, p. 104), “[...] atividades fundamentadas em modelagem são muito importantes para o processo ensino-aprendizagem”, por proporcionar aos alunos atividades de construção e manipulação de modelos; não apenas a observação de modelos prontos, uma vez que, ao observar o modelo pronto, o aluno não tem ideia dos caminhos que foram percorridos para chegar ao mesmo.

D10 (2019, p. 219) expõe que “o Ensino Fundamentado em Modelagem favorece aos estudantes vivenciar e refletir sobre, por exemplo, aspectos argumentativos, investigativos e históricos da Ciência”, isto porque a modelagem envolve uma série de práticas científicas que pode

favorecer a compreensão e a reflexão sobre como ocorre a construção do conhecimento da Ciência ao longo dos anos, assim como a negociação necessária para essa construção.

De acordo com Justi (2015), quando os estudantes trabalham em grupos acontecem discussões que envolvem os componentes do grupo, da turma e o professor, num diálogo contínuo. Em consequência dessa interação socialmente mediada, com troca de ideias e experiências, o conhecimento vai se construindo e consolidando. No entendimento de D8 (2018, p. 35), a modelagem faz com que os alunos considerem “[...] detalhes específicos dos modelos e como reproduzi-los da melhor maneira, levando a reforçar e revisar os conteúdos, além de proporcionar o desenvolvimento de habilidades artísticas”. Ao encontro das habilidades artísticas, D6 (2015, p. 14) considera que “[...] a modelagem é um processo dinâmico e envolve muita criatividade”. Leva-se em conta, aqui, que para a elaboração de um modelo os alunos precisam considerar os conceitos envolvidos, buscar detalhes sobre os mesmos, assim como discutir uma forma de representação que contemple suas construções mentais, momentos que podem se tornar importantes para o desenvolvimento da argumentação e da criatividade.

T3 (2020, p. 277), ao discutir os resultados de sua pesquisa, afirma que os mesmos indicam que “a modelagem favorece a construção de conhecimento de natureza científica, [...] mas também a construção de conhecimentos de naturezas social e sociocientífica”. Dessa forma, percebemos o potencial do trabalho com modelagem em sala de aula para a construção dos conhecimentos científicos da área de Ciências da Natureza, assim como para ampliar conhecimentos de outras áreas importantes ao pleno desenvolvimento dos alunos.

Nas pesquisas analisadas identificamos que, “apesar da destacada relevância do uso de atividades de modelagem no ensino, essas ainda não são amplamente difundidas no contexto escolar” (T1, 2009, p. 27) por motivos que vão desde o “tempo que demandam para serem realizadas” (D1, 2006, p. 4); a falta de conhecimento sobre modelos e modelagem dos alunos e professores, pois “os professores possuem ainda visões inadequadas sobre o conceito de modelo” (D3, 2012, p. 55); nos anos iniciais as “habilidades de investigar, observar, explorar, interpretar não são incentivadas” (D3, 2012, p. 18); a “ênfase positivista no ensino” (D2, 2010, p. 137). Souza e Moutinho (2017, p. 131) apontam, ainda, “a resistência de alguns alunos acostumados ao método tradicional e a infraestrutura escolar inadequada para realizar pesquisa” como desafios a serem superados para as atividades de modelagem passarem a estar presentes no ensino em contexto escolar.

Diante das potencialidades e fragilidades apontadas nas pesquisas analisadas, observamos que há uma lacuna a ser preenchida no contexto de sala de aula, com pesquisas a serem desenvolvidas e investigadas sobre o tema modelagem no ensino de Ciências.

b) Modelos nas Ciências

Na literatura são encontrados diversos significados para o termo modelo, sendo este apontado como polissêmico (QUINTO; FERRACIOLI, 2008; SILVA; CATELLI, 2019), por ter uma multiplicidade de sentidos aos quais pode estar relacionado.

Acreditamos que as contribuições sobre a noção de modelo e suas utilizações na ciência seja um assunto central a ser trabalhado entre alunos e professores no ensino de ciências, uma vez que os modelos embora estejam presentes nos materiais de ensino, em formas de objetos tridimensionais, didaticamente transpostos, eles podem fornecer distorções sobre a realidade dos fenômenos que tentam representar. Representações estas que auxiliam a nossa compreensão e razão, mas não devem ser confundidas com a realidade dos objetos em si, da qual muitas vezes são meras simplificações e aproximações (SILVA; CATELLI, 2019, p. 1).

Desta forma, compreendemos a importância, especialmente, de o professor ter conhecimento sobre modelos para evitar possíveis incoerências ao trabalhar os modelos com seus alunos. Ademais, os alunos apresentarem noção do que é um modelo, como ele é construído e a finalidade de sua utilização, seja na Ciência ou no ensino, pode ajudar na construção de seus próprios modelos e no entendimento de suas simplificações e limitações.

Os modelos são recursos utilizados pelos cientistas na construção de conhecimentos acerca dos fenômenos investigados, como indica D2 (2010, p. 30): “a construção e a aplicação de modelos são essenciais no processo da pesquisa científica, constituindo parte do processo natural de construção do conhecimento pelo ser humano”. Segundo D9 (2019, p. 17), “modelos são um dos principais produtos da Ciência e que o processo de modelagem fundamenta a produção do conhecimento científico”. Para D4 (2014, p. 19), “o homem constrói modelos com a intenção de compreender o mundo que está ao seu redor e os manipula quando pensa, planeja e tenta explicar os acontecimentos desse mundo”. Percebemos que os modelos fazem parte do cotidiano e da Ciência, surgindo como uma construção humana na busca pelo conhecimento.

Ao levarmos em conta o ensino, conforme Justi (2004, p. 1), “podemos considerar que modelos e criação de modelos desempenham um papel central e fundamental no Ensino de Ciências”. Os modelos são utilizados para promover a construção das aprendizagens, como afirma D5 (2015, p. 41): “o uso dos modelos no ensino ajuda a promover um ensino em que a Ciência faça sentido para o aluno, de modo que esse conhecimento possa ser aplicado em diferentes contextos”. A Ciência com sentido para o estudante servirá para motivá-lo na construção de suas aprendizagens, incentivando o pensar, o agir, o refletir do aluno na tentativa de encontrar possíveis explicações para fenômenos observados.

Assim sendo, “[...] perceber os modelos como representações simplificadas e, principalmente, limitadas, muitas vezes sujeitas a falhas, faz parte do desenvolvimento de um

conhecimento adequado sobre Ciência” (T1, 2009, p. 23). Dessa forma, professores e alunos devem ter clara essa percepção sobre modelos, para que ele possa servir ao desenvolvimento de aprendizagens sobre Ciência, sendo discutido por diferentes ângulos, selecionando conhecimentos e informações adequadas à investigação, alterando o modelo toda vez que os conhecimentos se modificarem, uma vez que “os modelos aparecem como ferramentas de interpretação da Natureza” (D2, 2010, p. 34). Destarte, os modelos e o processo de construção servem para envolver os alunos na “apropriação do conhecimento” (D5, 2015, p. 41). Nesse sentido, os modelos devem estar a serviço da construção do conhecimento, sendo passíveis de modificações e adaptações de acordo com o objetivo em questão.

Destaca-se o fato de que “um modelo nunca é ‘errado’, ele está mais próximo ou mais distante daqueles aceitos pela comunidade científica... é um ponto de partida, sem o qual modelos mais refinados não poderiam ser construídos” (D9, 2019, p. 14, grifo da autora). Os modelos construídos pelos alunos em atividades de modelagem devem ser observados com o intuito de qualificar o seu trabalho, valorizando a construção que realizaram e impulsionando, por meio de questionamentos, o aperfeiçoamento. Nesse processo, “[...] a argumentação auxilia os estudantes a modificarem modelos ingênuos para modelos mais sofisticados e coerentes com os modelos científicos” (D7, 2018, p. 36). A argumentação é uma das habilidades que pode ser desenvolvida durante as atividades de modelagem. Ao explicar ou defender seu modelo o aluno poderá apresentar argumentos que foram sendo construídos ao longo das buscas para a sua criação.

Nas atividades de modelagem para desenvolver a aprendizagem com a construção de modelos, T2 (2019, p. 36) afirma que “o professor precisa estar muito bem preparado para analisar as diversas possibilidades representadas em um modelo e convencido de que o processo de construção do saber é contínuo, e não estanque”. Nessa perspectiva, o professor deve estar apto a considerar que a construção das aprendizagens pode acontecer a partir dos equívocos e das considerações realizadas sobre o modelo construído, e que um modelo pode ser melhorado conforme novos pontos de vista são discutidos no grupo de trabalho, na turma e com o professor.

Um modelo mental, acessível somente ao indivíduo que o constrói, necessita ser expresso numa representação. Para D9 (2019, p. 18), “a expressão do modelo mental de forma a torná-lo acessível a outros sujeitos pode ocorrer a partir da utilização de quaisquer dos modos de representação (concreto, bidimensional, virtual, verbal, gestual, matemático)”. Segundo aponta D8 (2018, p. 31), as atividades de modelagem na Química e na Biologia geralmente apresentam modelos representacionais, que podem representar algo abstrato e complexo, microscópico ou submicroscópico. São os modelos expressos que podem ser submetidos à avaliação conduzida em

sala de aula pelo professor por meio de questionamentos, nos quais os alunos farão a defesa e poderão pensar por novos ângulos conforme as questões vão sendo apresentadas.

Neste sentido, o uso de modelos nas aulas da área de CN apresenta potencial para o avanço nas aprendizagens. Como professores devemos ter clareza sobre a natureza dos mesmos e sobre as limitações e possíveis distorções que possam apresentar, para auxiliar nossos alunos na interpretação de modelos prontos e na construção de seus próprios modelos.

c) Professores e Modelagem: formação e aprendizados

As atividades de modelagem exigem do professor conhecimento sobre: a natureza dos modelos; como são elaborados na investigação científica; uma compreensão adequada do uso de modelos nas Ciências; como eles são reelaborados para o ensino; e quais aspectos devem ser reforçados ao trabalhar com modelos e modelagem. Salientamos que esses conhecimentos podem ser trabalhados na formação inicial ou em formação continuada, e, além da formação, o professor deve ter interesse em trabalhar com essa metodologia no ensino de Ciências. De acordo com D3 (2012, p. 31), para uma boa condução das atividades de modelagem “[...] é preciso que o professor tenha conhecimento sobre o assunto; para isso ele deve participar de estratégias que envolvam a modelagem, seja durante sua formação inicial ou continuada”, considerando que a formação é uma construção constante em ambos os processos bem como ao longo da vida profissional.

Nesse sentido, para os professores em serviço, faz-se necessário potencializar estudos referentes à temática em questão, bem como a realização do processo de Modelagem, a fim de que vivenciem as tarefas de Modelagem enquanto modeladores e posteriormente realizem a adaptação do processo para o ensino – Modelagem na Educação (Modelação) (BONOTTO; SCHELTER, 2018, p. 3).

Para realizar as atividades de modelagem o professor precisa ter vivenciado o processo, o que o ajudará na condução da atividade com seus alunos, na elaboração de questionamentos, que levem os alunos a avançar com o processo, e no desenvolvimento da atividade. O professor deve assumir “[...] o papel de mediador do conhecimento” (D2, 2010, p. 23), ou seja, auxiliar os alunos na construção dos conhecimentos, criando situações que os desafiem a buscar as explicações, e durante o percurso realizar perguntas que os ajudem a avançar. O professor não deve dar respostas prontas. Ao longo da atividade de modelagem o professor poderá perceber os avanços de seus alunos ao expressarem suas ideias e os orientar a perceber as incoerências e reformular seus modelos, ou mesmo substituí-los.

Ao realizar a revisão da literatura, D3 (2012, p. 12) aponta “as dificuldades dos professores nas Séries Iniciais em trabalhar Ciências e a ausência de experiências fundamentadas na área de modelos e modelagens que contemplem esse nível de ensino”. Segundo a autora, as deficiências na formação inicial dos professores das séries iniciais, geralmente Magistério ou Licenciatura em Pedagogia, fazem com que os mesmos optem por práticas que lhes indicam segurança, como as

aulas expositivas, pouco abertas ao diálogo; traz, ainda, que a formação continuada apresenta dificuldades em abranger temas das CN para os professores das séries iniciais. As dificuldades em relação à formação inicial de professores das séries iniciais, apontadas pela autora, podem levar a visões equivocadas das CN que são difíceis de serem (re)elaboradas nos anos finais e Ensino Médio, exigindo do professor uma formação adequada e estratégias metodológicas diversas para a revisão dos conceitos da CN.

Para propor, utilizar e interpretar modelos, entendemos que os alunos devem ter clareza de como eles são elaborados e os caminhos que os pesquisadores percorrem até o modelo ser apresentado à sociedade. Cabe ao professor, portanto, conduzir os alunos ao entendimento de que “[...] na educação em ciências, é importante considerar que o conhecimento científico é, ao mesmo tempo, simbólico por natureza e socialmente negociado” (DRIVER *et al.*, 1999, p. 32), considerando que os modelos não necessitam ser sempre iguais, desde que sejam validados por meio da pesquisa, da reflexão e da argumentação, de acordo com conhecimentos e evidências disponíveis aos alunos (JUSTI, 2015). Nesse sentido, o professor deve ter um conhecimento amplo sobre o assunto em questão e estar aberto à discussão das ideias apresentadas pelos alunos, não para classificar como certas ou erradas e, sim, para promover avanços dos conceitos que estão sendo apresentados, levando em conta que o processo de modelagem “não está pronto e acabado. Deve ser construído e reconstruído pelo professor em sua prática docente” (D4, 2014, p. 92). Nesse caminho de construção e reconstrução dos modelos, alunos e professores poderão alcançar avanços relevantes em seus conhecimentos, pois somos seres em constante aprendizado.

Para Paz *et al.* (2006, p. 160),

[...] o que o professor busca ao fazer uso de modelos ao trabalhar modelização com seus alunos é a melhoria da qualidade do ensino de ciências. Ou seja, melhorar a “qualidade do conhecimento científico escolar” ensinado, assegurando, assim, uma melhor relação com o mundo em que vivemos.

Na busca por uma formação que conduza os alunos a serem protagonistas, num mundo onde temos diversas escolhas a serem feitas, realizá-las e saber justificar, com base em conhecimentos científicos, que os alunos tenham consolidado na escola, por meio das aulas e discussões, é o que nos instiga a pensar no desenvolvimento da modelagem em nossas salas de aula de CN.

Compreendemos que o professor, ao trabalhar com atividades de modelagem no ensino de Ciências, apresenta uma postura diferente da tradicionalmente encontrada nas escolas. O professor deixa de ser o centro do processo de ensino e de aprendizagem e o aluno passa a ser o protagonista da construção do seu conhecimento. Deixar de ser o centro, no entanto, não significa estar menos compromissado com seus alunos; exige do professor conhecimento, coordenação e organização

da sala de aula para que ocorram avanços conceituais em seus alunos, aliado ao fato de ter formação inicial e/ou continuada e apresentar disponibilidade para trabalhar com a modelagem no ensino de Ciências.

Considerações Finais

Em síntese, as pesquisas brasileiras publicadas na BD TD sobre o tema modelagem no ensino de ciências, indicam-nos que atividades de modelagem nas CN estão acontecendo, em algumas inserções, geralmente por pesquisas desenvolvidas no ensino que nos apresentam a modelagem na educação com potencial de melhora nos processos de ensino e de aprendizagem, de compreensão da Ciência e de engajamento dos alunos nas atividades, tornando-os sujeitos ativos de seu processo de construção do conhecimento, críticos, argumentativos e cooperativos uns com os outros.

Identificamos entraves à prática da modelagem no contexto da sala de aula no que diz respeito, principalmente, à formação inicial e continuada de professores, que precisa ser tratada nas universidades e entidades formadoras, à resistência, seja de professores seja de alunos para um ensino de ciências diferenciado, e ainda ao tempo demandado para as atividades.

Consideramos que as exigências de mudanças no ensino das Ciências estão, aos poucos, sendo um fator de convencimento dos professores para a adoção de práticas como a modelagem, aliando a necessidade da disseminação de tais práticas em cursos de formação inicial e continuada de professores de Ciências.

Diante do reduzido número de publicações sobre a modelagem no ensino de Ciências, com trabalhos desenvolvidos em contexto de sala de aula pelos professores regentes das turmas, nos desafiamos a desenvolver a modelagem em nossas aulas de biologia no Ensino Médio buscando indícios das aprendizagens de temas que exigem maior abstração dos alunos.

Referências

BD TD. Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações. **Sobre a BD TD**. Brasília-DF, 2021. Disponível em: <https://bdtd.ibict.br/vufind/>. Acesso em: 6 maio 2021.

BIUMBENGUT, Maria Salett. **Modelagem na educação matemática e na ciência**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.

BONOTTO, Danusa de Lara; SCHELLER, Morgana. O agir modelagem: a construção de uma noção teórica. **Revista Insignare Scientia – RIS**, Chapecó, v. 1, n. 2, p. 1-23, maio/ago. 2018.

BONOTTO, Danusa de Lara; SCHELLER, Morgana. Avaliações do Agir Modelagem na Formação Continuada do Professor de Matemática da Educação Básica. **Interfaces da Educ.**, Paranaíba, v. 9, n. 25, p. 350-377, 2018.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular: educação é a base, Ensino Médio. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=85121-bncc-ensino-medio&category_slug=abril-2018-pdf&Itemid=30192. Acesso em: 2 maio 2021.

DRIVER, R. *et al.* Construindo conhecimento científico em sala de aula. **Química Nova na Escola**, v. 9, p. 31-40, 1999.

DUSO, Leandro. O uso de modelos no ensino de biologia. *In: ENCONTRO NACIONAL DE DIDÁTICA E PRÁTICAS DE ENSINO*, 16., 2012, Campinas. **Anais** [...]. Campinas: FE; Unicamp, 2012. p. 428-437.

DUSO, Leandro *et al.* Modelização: uma possibilidade didática no ensino de Biologia. **Revista Ensaio**. Belo Horizonte, v. 15, n. 2, p. 29-44, maio/ago. 2013.

JUSTI, Rosária. Proposição de um modelo para análise do desenvolvimento do conhecimento de professores de Ciências sobre Modelos. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 4., 2003. Bauru. **Atas** [...]. Porto Alegre: Abrapec, 2004. p. 1-12.

JUSTI, Rosária. Relações entre argumentação e modelagem no contexto da ciência e do ensino de ciências. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc.**, Belo Horizonte, v. 17, n. especial, p. 31-48, nov. 2015.

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. **Análise Textual Discursiva**. 3. ed. rev. e ampl. Ijuí: Editora Unijuí, 2016.

QUINTO, Thalita; FERRACIOLI, Laércio. Modelos e modelagem no contexto do ensino de ciências no Brasil: uma revisão de literatura de 1996-2006. **Revista Didática Sistêmica**, v. 8, p. 80-100, jul./dez. 2008.

PAZ, Alfredo Müllen *et al.* Modelos e modelizações no ensino: um estudo da cadeia alimentar. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc.**, Belo Horizonte, v. 8, n. 2, p. 157-170, jul./dez. 2006.

SILVA, Fernando Siqueira da; CATELLI, Francisco. Os modelos na ciência: traços da evolução histórico-epistemológica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 4, p. 1-9, 2019.

SOARES, Magda Becker; MACIEL, Francisca (org.). **Alfabetização**. Brasília: MEC; Inep; Comped, 2000. 173 p. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/documents/186968/484330/Alfabetiza%C3%A7%C3%A3o/f9ddff4f-1708-41fa-82e5-4f2aa7c6c581?version=1.3>. Acesso em: 11 maio 2021.

SOUZA, Ednilson Sergio Ramalho de; MOUTINHO, Pedro Estevão da Conceição. Alfabetização científica em ambiente de modelagem matemática: reflexões no ensino de física. **Revista de Educação, Ciências e Matemática – RECM**, v. 7, n. 2, p. 123-140, maio/ago. 2017.

Corpus – Conjunto de trabalhos analisados na pesquisa

ALVES, Delzimar Prates. **Formação continuada para professores de ciências nas séries iniciais: uso de modelos e modelagem para introdução de conceitos químicos**. 2012. 225 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, Brasília,

2012. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/15033>. Acesso em: 1º maio 2021. D3

ANDRADE, Jéssika Silva. **A abordagem de modelos atômicos para alunos do 9º ano do Ensino Fundamental pelo uso de modelos e modelagem numa perspectiva histórica.** 2015. 158 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, Brasília, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/19007>. Acesso em: 1º maio 2021. D5

ANJOS, Mary Mendes Oliveira dos. **Contribuições das práticas de modelagem e argumentação para a compreensão do processo de dissolução:** um estudo de caso com os estudantes do Ensino Fundamental. 2015. 156 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUBD-A7EF97>. Acesso em: 1º maio 2021. D6

AQUINO, Silvania Pereira de. **O ensino de genética utilizando modelos didáticos:** uma proposta metodológica na formação inicial de professores. 2018. 132 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2018. Disponível em: <http://www.bdtd.ueg.br/handle/tede/112>. Acesso em: 1º maio 2021. D8

DIAS, Paula da Veiga Pessôa. **Um estudo dos saberes acerca dos modelos e da modelagem no ensino de ciências:** possíveis contribuições de um processo formativo. 2014. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014. Disponível em: <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/7477>. Acesso em: 1º maio 2021. D4

FERREIRA, Poliana Flávia Maia. **Modelagem e suas contribuições para o ensino de ciências:** uma análise no estudo de equilíbrio químico. 2006. 165 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/FAEC-85UP2D>. Acesso em: 1º maio 2021. D1

MAIA, Poliana Flávia. **Habilidades investigativas no ensino fundamentado em modelagem.** 2009. 239 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/FAEC-87CP36>. Acesso em: 1º maio 2021. T1

MARTINS, Mariana Rodrigues. **Elaboração e aplicação de uma ferramenta para análise do diálogo em sala de aula:** um estudo em atividades de ensino fundamentado em modelagem nos contextos cotidiano, científico e sociocientífico. 2020. 341 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/33121>. Acesso em: 1º maio 2021. T3

SANTOS, Monique Aline Ribeiro dos. **Compreendendo visões de estudantes sobre ciências e suas relações com o ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico.** 2019. 263 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUOS-BBLJX2>. Acesso em: 1º maio 2021. D10

SOUZA, Paulo Vitor Teodoro de. **Modelos de simulação qualitativos como estratégia para o ensino de Ciências.** 2019. 285 f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências) – Universidade

de Brasília, Brasília, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/39289>. Acesso em: 1º maio 2021. T2

TROES, Fernanda. **Modelagem no ensino de ciências: uma análise no estudo de ligações iônicas.** 2019. 126 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/11338/5555>. Acesso em: 1º maio 2021. D9

VIANA, Ana Paula Pinto. **Estratégias de ensino-aprendizagem de conceitos relacionados ao tema equilíbrio químico utilizando modelagem e modelos.** 2010. 166 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, Brasília, 2010. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/8596>. Acesso em: 1º maio 2021. D2

YOSHIDA, Maurício Nagata. **Explicação e argumentação em atividades de modelagem para o Ensino Fundamental.** 2018. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81133/tde-30042019-155937/pt-br.php>. Acesso em: 1º maio 2021. D7