

Modelagem Matemática para a Aprendizagem Significativa Crítica

Luis Carlos dos Santos Moura Junior¹

Deive Barbosa Alves²

Resumo: Com base nos estudos acerca da Modelagem Matemática, verificamos aspectos que conduzem ao tema da Aprendizagem Significativa, e por meio do aprofundamento desse assunto, nos deparamos com a Aprendizagem Significativa Crítica, o que nos instiga a promover indagações e reflexões da realidade com o objetivo de verificar os aspectos que caracterizam a Modelagem Matemática como um método de ensino e aprendizagem da teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. Para isso, realizamos um mapeamento de teses e dissertações no banco de dados da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BTDT), em um período de seis anos, para verificar o que as pesquisas evidenciam em relação ao tema proposto. Por fim, a análise dessas investigações aponta possibilidades da utilização da Modelagem Matemática como método de ensino e aprendizagem para a Aprendizagem Significativa Crítica, e os resultados são examinados com relação à realidade na seara desse tema, confrontando o que está sendo posto.

Palavras-chave: Modelagem Matemática Crítica. Educação Matemática Crítica. Aprendizagem Significativa Crítica. Ensino Básico. Mapeamento.

Mathematical Modeling for Critical Meaningful Learning


Abstract: Based on studies on Mathematical Modeling, we have verified aspects that lead to the theme of Meaningful Learning, and through the deepening of this subject, we come across Critical Meaningful Learning, which encourages us to promote inquiries and reflections of reality with the aim of to verify the aspects that characterize Mathematical Modeling as a teaching and learning method of Critical Significant Learning theory. For this, we carried out a mapping of theses and dissertations in the Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations (BTDT) database, over a period of six years, to verify what the research shows in relation to the proposed theme. Finally, the analysis of these investigations points out possibilities of using Mathematical Modeling as a teaching and learning method for Critical Significant Learning, and the results are examined in relation to the reality in the field of this theme, confronting what is being put.

Keywords: Critical Mathematical Modeling. Critical Mathematics Education. Critical Meaningful Learning. Basic Education. Mapping.

Modelado Matemático para el Aprendizaje Críticamente Significativo

Resumen: A partir de estudios sobre Modelamiento Matemático, hemos verificado aspectos que conducen al tema del Aprendizaje Significativo, y a través de la profundización de este tema, nos encontramos con el Aprendizaje Significativo Crítico, que nos incentiva a promover indagaciones y reflexiones de la realidad con el objetivo de verificar los aspectos que caracterizan a la Modelación Matemática como método

¹ Mestrando em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), Tocantins, Brasil. ✉ luis.moura@uft.edu.br  <https://orcid.org/0000-0002-3181-4360>.

² Doutor em Educação. Professor do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), Tocantins, Brasil. ✉ deive@uft.edu.br  <https://orcid.org/0000-0002-0850-7362>.

de enseñanza y aprendizaje de la teoría del Aprendizaje Crítico Significativo. Para eso, realizamos un mapeo de tesis y disertaciones en la base de datos de la Biblioteca Digital Brasileña de Tesis y Disertaciones (BTDT), durante un período de seis años, para verificar lo que la investigación muestra en relación con el tema propuesto. Finalmente, el análisis de estas investigaciones apunta posibilidades de utilizar la Modelación Matemática como método de enseñanza y aprendizaje para el Aprendizaje Crítico Significativo, y los resultados son examinados en relación a la realidad en el campo de esta temática, confrontando lo que se está planteando.

Palabras clave: Modelado Matemático Crítico. Educación Matemática Crítica. Aprendizaje Significativo Crítico. Educacion Basica. Cartografía.

1 Apontamentos iniciais

A presente pesquisa é sustentada pelos estudos acerca da Modelagem Matemática e da Aprendizagem Significativa Crítica, apresentando como essas abordagens podem interagir entre si para produzir uma reflexão a ser utilizada em sala de aula, pois é essencial a “[...] escola estimular a aquisição, a organização, a geração e a difusão do conhecimento vivo, integrado nos valores e expectativas da sociedade” (D’AMBROSIO, 2009, p. 80).

Nesse contexto, ressaltamos que esta investigação se trata dos pilares que fundamentam a pesquisa produzida pelo primeiro autor, realizada no Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGecim), da Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT).

Como questão norteadora, apresentamos a seguinte inquietação: quais evidências justificam a adoção da Modelagem Matemática como uma perspectiva de ensino e aprendizagem capaz de promover uma Aprendizagem Significativa Crítica? Nesse sentido, nosso objetivo é verificar os aspectos que caracterizam a Modelagem Matemática como um método de ensino e aprendizagem da teoria da Aprendizagem Significativa Crítica.

O artigo está dividido em cinco seções. Após a introdução, os pesquisadores iniciam o diálogo com a seção intitulada Aprendizagem Significativa (Crítica), na qual são apresentados os conceitos da teoria cognitivista acerca da Aprendizagem Significativa, embasada nos estudos de Ausubel, Novak e Hanesian (1963), bem como o conceito de crítico, ou subversivo, descrito por Moreira (2000, 2006), e que corrobora sua adoção enquanto metodologia.

Na segunda seção, intitulada Breves dizeres: Modelagem Matemática, utilizamos os estudos de Biembengut e Heim (2000) e Biembengut (2016) como

direcionamentos para o fazer matemático em sala de aula. Na terceira seção, intitulada Entrelaçamentos: Modelagem Matemática e Aprendizagem Significativa Crítica, expomos os argumentos que possibilitam entender o uso da Modelagem Matemática como método de ensino para o ensino da Matemática, segundo a teoria da Aprendizagem Significativa Crítica.

Já na quarta seção, intitulada Mapeando a Modelagem Matemática em conjunto com a Aprendizagem Significativa Crítica, contextualizamos a pesquisa em meio a outras investigações realizadas que dialogam com esse tema. Por fim, nos Diálogos Finais, são apresentados os objetivos da pesquisa teórica e os encaminhamentos para a prática.

2 A Aprendizagem Significa (Crítica)

Pelos dizeres de Carril, Natário e Zoccal (2017, p. 71),

a aprendizagem não pode mais ser voltada ao modelo tradicional, o da aprendizagem mecânica, acredita-se que o aluno deveria receber informação pronta, memorizar o que se lê e se vê, repetindo na íntegra como única tarefa, sem atribuir significado ao aprendido.

Assim, busca-se outro tipo de aprendizagem, uma aprendizagem significativa, que, pautada na teoria cognitiva da Aprendizagem Significativa desenvolvida por Ausubel, Novak e Hanesian (1963), possui como objetivo esclarecer de que maneira o estudante assimila mentalmente um novo conhecimento, o qual deve ocorrer de maneira não-litera e não-arbitrária, ou seja, deve possuir uma lógica que corresponda e se recombine com o(s) conhecimento(s) anterior(es) do estudante. Este último fenômeno ocorre por meio dos chamados *subsunçores*, isto é, os conhecimentos prévios.

Também, é evidenciado que essa teoria volta-se aos aspectos cognitivistas, e, de acordo com Moreira e Masini (1982, p. 3), “[...] procura descrever, em linhas gerais, o que sucede quando o ser humano se situa, organizando o seu mundo, de forma a distinguir sistematicamente o igual do diferente”, em que a aprendizagem desenvolve “[...] um processo de armazenamento de informação, condensação em classes mais genéricas de conhecimentos, que são incorporados a uma estrutura no cérebro do indivíduo, de modo que esta possa ser manipulada e utilizada no futuro”.

Para ocorrer uma aprendizagem significativa, os processos cognitivos se dão

pela não-arbitrariedade e a não-literalidade de como o novo conhecimento se conecta com os conhecimentos anteriores. A não-arbitrariedade indica como o novo conhecimento é relacionado na estrutura cognitiva para ser considerado relevante e não arbitrário, enquanto que a não-literalidade indica que o novo conhecimento deve ser interiorizado na estrutura cognitiva por meio do seu significado, não por imagens, palavras ou símbolos específicos usados para expressá-lo (MOREIRA, 1997).

Assim, para ocorrer uma aprendizagem significativa, devem ser estabelecidas duas premissas básicas e norteadoras, a saber: o estudante deve possuir vontade de aprender, correlacionando os conhecimentos novos com os conhecimentos prévios de maneira não-literal e não-arbitrária, e, os materiais de aprendizagem devem ser potencialmente significativos, possuindo uma sequência lógica e não-arbitrária para que os estudantes possam significá-los. Destacamos que os significados não estão nos objetos/aulas que são apresentados, ao contrário, os estudantes atribuem significados aos objetos/aulas.

Como dito anteriormente, essa teoria discute como o conhecimento ocorre na estrutura cognitiva do estudante para ser significativo, apresentando a estrutura por meio dos processos de subsunção, como a ancoragem, a subsunção obliteradora, o esquecimento e a diferenciação progressiva (AUSUBEL, 1962).

Ancoragem, ou *subsunção* âncora, evoca o novo conhecimento por meio de um conhecimento anterior disponível na estrutura cognitiva para realizar progressivamente os conhecimentos, de maneira ordenada, eficiente e estável para manter-se na cognição. Caso o estudante não possua conhecimentos anteriores, ou que não favorecem uma ancoragem ideal, é desejável introduzir esses conhecimentos para estruturar o novo aprendizado de maneira significativa.

Outro processo, denominado subsunção obliteradora, trata do esquecimento de um *subsunção* a muito não utilizado ao mesmo tempo em que é integrado genericamente a um outro conhecimento mais abrangente, transformando-o em outro *subsunção* que contém os conhecimentos esquecidos. Esse processo está diretamente ligado ao conceito de esquecimento na Aprendizagem Significativa, que, por ser significativa, retém mais conhecimento, uma vez que se associa a outro *subsunção*, e a reaprendizagem pode ocorrer mais rápido.

Destaca-se também, em relação à estrutura cognitiva que o estudante possui, o princípio organizacional do conhecimento por diferenciação progressiva,

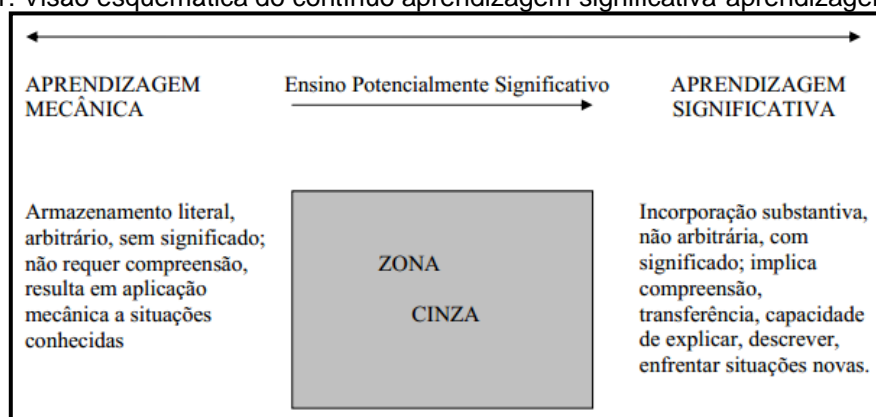
caracterizado por possuir “[...] sistemas de rastreo de uma determinada esfera de conhecimento de regiões de maior para menor inclusão, cada uma ligada ao próximo passo superior na hierarquia através de um processo de subsunção [...]” (AUSUBEL, 1962, p. 216, tradução nossa).

Em contraste com a aprendizagem significativa tem-se a aprendizagem mecânica, que, nos dizeres de Moreira (2012, p. 12), é “[...] aquela praticamente sem significado, puramente memorística, que serve para as provas e é esquecida, apagada, logo após”. As diferenças entre as duas aprendizagens está na relacionabilidade com a estrutura cognitiva, não-litera e não-arbitrária ou litera e arbitrária, contudo, o que não representa uma dicotomia, mas uma relação entre extremos na perspectiva da aprendizagem.

Essa relação carece de esclarecimentos. A passagem da aprendizagem mecânica para a aprendizagem significativa não é natural, ou automática, pois a ideia de que o estudante possa inicialmente aprender pela aprendizagem mecânica, e ao final o processo ser significativo é falacioso, apesar de poder ocorrer em raros casos, com a existência de *subsunçores* adequados e a predisposição do estudante para aprender.

Sabe-se que a aprendizagem significativa é progressiva, na qual o *subsunçor* provém de uma construção que emerge do processo de captação, internalização, diferenciação e reconciliação de significados, não sendo imediato e demandando baste tempo para tal. Esse tipo de aprendizagem depende da captação de significados, o que pode ocorrer na negociação entre estudantes e professores, estruturando conhecimentos a partir da dominação de situações progressivamente mais complexas, em uma dialética entre conceitos e situações (MOREIRA, 2012).

Quadro 01: Visão esquemática do contínuo aprendizagem significativa-aprendizagem mecânica



Fonte: Moreira (2012, p. 12)

Acerca da Aprendizagem Significativa, Moreira (2006, p.11) afirma que “ao mesmo tempo que é preciso viver nessa sociedade, integrar-se a ela, é necessário também ser crítico dela, distanciar-se dela e de seus conhecimentos quando ela está perdendo rumo”, sendo necessário que o estudante compreenda o que ocorre em seu cotidiano e na sociedade, para poder realizar críticas e ações.

Em relação à junção de criticidade e Aprendizagem Significativa, Moreira (2000) denomina de Aprendizagem Significativa Crítica ou Subversiva, a qual fornece instrumentos para que os estudantes realizem processos de identificação, reflexão e ação de um fenômeno, podendo conduzir interpretações e soluções, o que os levará além da Aprendizagem Significativa, que se atem somente a uma compreensão cognitiva.

A entendimento do termo “crítico” aqui adotado, relaciona-se com o sentido de indagar o que é apresentado, tanto em sala de aula quanto no cotidiano, de maneira a confrontar a realidade e os porquês de ser/ocorrer de tal forma. As indagações críticas buscam conduzir o estudante a uma postura não submissa em relação ao conhecimento, uma vez que ele se sente provocado a buscar respostas para estas inquietações, seja por meio de pesquisas e/ou interpretações da realidade.

[...] o papel principal das escolas, na sociedade democrática, é o de providenciar as informações necessárias para que os alunos disponham das ferramentas indispensáveis para dialogar e analisar criticamente os conteúdos curriculares, capacitando-os para a resolução dos problemas cotidianos mediante a utilização da análise dessas situações-problemas como ferramentas de liberação. (OREY e ROSA, 2007, p. 198).

Nesse contexto, uma abordagem crítica tem o potencial de promover mudanças em sala de aula. Ocorre a substituição de uma narrativa centralizada no professor e na utilização de ferramentas com o intuito de ensinar mecanicamente, como a lousa ou outro material com este intuito, por uma metodologia em que o estudante é o autor do seu processo de aprendizagem, incentivado a realizar uma análise crítica da sua realidade experienciada, trazendo-a ao ambiente escolar para ser dialogada e debatida na busca por soluções e/ou interpretações.

Assim, este conhecimento reflexivo conduz o estudante a indagar o que se passa ao seu redor e a refletir para poder agir, levando a escola a contribuir no despertar e no desenvolvimento desse olhar crítico, retirando “[...] o aluno da passividade no processo educativo e levá-lo a descobrir a importância da sua

formação para sua vida e para o mundo.” (ALVES e TATSCH, 2017, p. 89). O aluno precisa ser um agente transformador da sua realidade.

Ainda de acordo com estes últimos autores, a não oportunidade de abordar a visão crítica na escola, para que o estudante possa refletir sobre a sua realidade, conduz ao não atendimento de suas necessidades e anseios, e conseqüentemente da sociedade, fazendo com que o ambiente escolar perca o sentido de sua existência, pois é necessário que estes desenvolvam, além dos raciocínios específicos de cada matéria escolar, os valores e atitudes fundamentais para o desenvolvimento social, ou seja, que aprendam a aprender.

Sendo assim, a contextualização de conteúdos escolares interligados ao cotidiano dos estudantes, como os de Matemática, pode provocar aprendizagens significativas e raciocínio crítico, pois há uma validação dos conhecimentos apresentados em relação às experiências, bem como uma convergência entre teoria e prática em sala de aula, aproximando os estudantes de conteúdos escolares na construção de conhecimentos que possuam significados e validade para eles.

Logo, as relações entre professor e aluno devem ser dinâmicas no ambiente escolar, e o processo de aprendizagem deve ser organizado levando em conta os problemas e necessidades dos estudantes, a fim de conduzir posturas reflexivas e participação ativa (ROZAL, SOUZA e SANTOS, 2017). Isso demonstra que “as atividades em que há participação intensa dos estudantes em grupo, descentralização das aulas do livro didático e uso da experimentação promovem maior interesse e compromisso com a aprendizagem [...]” (MAGALHÃES, VILLAGRÁ e GRECA, 2020, p. 15).

Evidenciamos a necessidade de focar em uma educação para a criticidade, tanto para a prática quanto para a pesquisa, em um processo de conhecimento reflexivo que deve ser desenvolvido para dar uma dimensão crítica ao aprendizado da Matemática, da mesma maneira que questões sociais e cotidianas devem ser evidenciadas para provocar o surgimento de uma força social progressivamente ativa (SKOVSMOSE, 2001).

A esse respeito, compreendemos que, “[...] a fim de se estabelecer uma aprendizagem significativa é preciso estabelecer relações entre o conteúdo educacional e os *backgrounds* dos alunos” – (SKOVSMOSE, 2014, p. 49, grifo do autor)”, ou seja, é necessário considerar os conhecimentos prévios dos estudantes,

assim no diálogo com os conteúdos de Matemática em sala de aula.

O autor Skovsmose (2014) apresenta questionamentos acerca do ensino tradicional da Matemática nas escolas, se esse tipo de aprendizagem conduz os estudantes a uma obediência cega, ajudando a estabelecer o *status quo* da sociedade e alimentando a apatia social e política. Esse autor aponta que a tecnologia traduz, por meio da Matemática, uma confiança na ideia de progresso adotada sem crivo, mas que precisa ser questionada, uma vez que não fornece por si só uma garantia de melhoria automática das circunstâncias.

Ainda assim, “[...] a matemática é uma ferramenta importante na formulação, no aprofundamento e no detalhamento de uma gama de reflexões de ordem econômica, política e social” (SKOVSMOSE, 2014, p. 126), sendo passível de reforçar e gerar pensamentos reflexivos, se e quando empregada com essa finalidade.

Outro fator a ser considerado é que os estudantes não são neutros de ideologias, ou seja, possuem algum conhecimento trazido das suas experiências cotidianas, portanto, “o diálogo deve nortear os processos de ensino e de aprendizagem de Matemática visto a dar voz aos alunos, conhecendo e debatendo suas perspectivas em relação a aquisição do conhecimento e incertezas da realidade” (DALVI, REZENDE e LORENZONI, 2020, p. 2), sendo a escola um ambiente dialógico de conhecimentos.

Por meio deste panorama, apresentamos a seguir, de forma sucinta, reflexões acerca da Modelagem Matemática na perspectiva da Educação Matemática, tendo como foco o ensino da Matemática em sala de aula do Ensino Básico.

3 Breves dizeres: Modelagem Matemática

A Modelagem Matemática suscita à própria linguagem matemática, que, sob certa ótica, é a “[...] tradução de uma situação-problema (real ou não) por meio de símbolos e ordem lógica (estrutura) que permite formular, resolver questões das mais diversas áreas do conhecimento e da própria matemática” (BIEMBENGUT, 2016, p. 60), conduzindo esforços para criação de novos níveis de significados, objetos e modelos, descrevendo a si mesma e as circunstâncias as cercam.

Esse tipo de linguagem tem por intuito a elaboração de um modelo que pode se referir a diversos contextos e tipos de conhecimento, tomando, em geral, a ideia de representação de algo que incorpore características de interesse original, que por sua

vez, desenvolve-se a partir de um significado, imaginação ou desejo de conhecer algo.

Nesse sentido, o modelo é criado com o objetivo de “[...] compreender e expressar a sensação provocada por uma imagem, um som, ou uma manifestação qualquer, [onde] nossa mente procura relacioná-la com algo conhecido, efetuando deduções, formando imagem, representação, modelo” (BIEMBENGUT, 2016, p. 66). O modelo provém da realidade daquele que o criou, valorando a sua utilidade para alguma questão ou problema, podendo ser um resultado, um produto ou uma teoria que auxilie em sua resolução.

Contudo, faz-se necessário que o modelador faça uso de aparatos precisos para realizá-lo, como a observação e o conhecimento profundo e atencioso do fenômeno a ser modelado, da experiência adquirida, da criatividade e capacidade para significar o que é produzido, ou seja, o processo de realizar a modelagem.

Nesse cenário, a modelagem possui como essência a realização de combinações entre os diversos conhecimentos, de tal forma a compreender um fenômeno por meio de uma teoria que pode ser matemática, se iniciando por meio de um conjunto de ideias, estruturação, verificação e conclusões, ou considerações, para resolver uma questão-problema (BIEMBENGUT e HEIM, 2000; BIEMBENGUT, 2016). Sintetizando, a “Modelagem (matemática) é um método para solucionar alguma situação-problema ou para compreender um fenômeno utilizando-se de uma teoria (matemática)” (BIEMBENGUT, 2016, p. 98).

De acordo com Biembengut (2016, p. 104), a Modelagem é realizada por meio de três etapas, a saber: Percepção e Apreensão, ocorrendo a formulação e a delimitação de uma situação-problema, reconhecimento e familiarização do assunto a ser modelado; Compressão e Explicitação, tradução da questão-problema em termos matemáticos, ou seja, formulação da questão e da hipótese para a busca de uma solução, o modelo, e a resolução da questão-problema; e, Significado e Expressão, com a interpretação e a validação do modelo matemático desenvolvido na etapa anterior, em razão da questão-problema que a originou.

Entretanto, caso o modelo não seja adequado, é necessário retornar às etapas anteriores em busca de novas hipóteses, dados, informações e/ou modificações necessárias.

Fluxograma 1: Etapas da Modelagem Matemática



Fonte: Biembengut (2016, p. 104)

Constatamos também, que na utilização da Modelagem Matemática é preciso fazer uso de outras fontes de conhecimento para além da Matemática, tais como a intuição, experiências prévias, imaginação, criatividade e trabalho colaborativo, pois não se trata de uma tendência cuja execução é linear, uma vez que ocorrem idas e vindas nos processos de autonomia e liberdade dos estudantes ao modelar.

No processo da investigação em sala de aula, o trabalho em grupo privilegia diálogos e debates, coleta e organização de dados, o que leva ao surgimento de interações sociais (BIEMBENGUT e HEIM, 2000; BIEMBENGUT, 2016; DALVI, REZENDE e LORENZONI, 2020; SILVA, 2011; VIANA e VERTUAN, 2021). E como a Modelagem Matemática se inicia por meio de uma questão aberta, sem previsão inicial de qual será o resultado, aos estudantes devem ser dadas possibilidades de diferentes resultados, conduzidos a partir de conhecimentos inerentes a cada um.

A Modelagem Matemática se afirma como uma tendência na busca por alternativas para condução de um diálogo que propicie um ambiente menos inibidor para os estudantes em sala de aula, promovendo compreensão e expressão da Matemática de forma intuitiva e correlacionando conhecimentos prévios e novos, por meio de deduções e conjecturas (BIEMBENGUT e HEIN, 2000).

Essa tendência objetiva extrair questões-problema do cotidiano, com foco em experiências dos estudantes, e tem como intuito “[...] transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real” (BASSANEZI, 2006, p. 16). Em conjunto, ocorre a construção de explicações por meio dos conhecimentos matemáticos de fenômenos

identificados da realidade, o que auxilia o indivíduo a fazer previsões e tomar decisões (BURAK, 1992).

Logo, evidencia-se que a Modelagem Matemática se configura como uma proposta a ser investigada pelos professores em sala de aula, uma vez que traz o estudante como autor do processo de aprendizagem, sendo o professor o orientador desse processo, e agente de transposição didática, ou seja, o professor transforma a Matemática acadêmica (científica) em uma matemática escolar, compreensível para os estudantes.

Nesse cenário, correlacionar a teoria e a prática em ambientes e contextos reais dos estudantes, por meio da Matemática, valoriza seus conhecimentos obtidos fora da sala de aula e os trazem para serem dialogados em conjunto com o professor, desmitificando a ideia de que a Matemática é algo totalmente abstrato, e por vezes, “sem sentido”. O diálogo promove o engajamento em atividades investigativas de situações do seu cotidiano, a realização de interações com o meio didático que contribuem para a construção de conhecimentos significativos e necessários para a sociedade (LITTIG e *et al*, 2019).

De acordo com Brasil (2018), o exercício da curiosidade intelectual no ambiente escolar, que inclui a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, deve ser evidenciado, sendo necessário que os estudantes investiguem fenômenos por meio da elaboração e testagem de hipóteses para solucionar um problema, considerando fatores sociais e culturais, assim como os digitais, para entender e explicar a realidade, valorizando a diversidade de saberes e vivências culturais. Ademais, os processos de Modelagem Matemática são considerados como formas privilegiadas para a atividade Matemática em todo o Ensino Fundamental.

Nessa direção, fazer com o que o estudante reflita acerca da sua realidade conduz ao pensamento crítico, ou seja, a Modelagem Matemática considera o senso criativo, lúdico e crítico para lidar com questões advindas do cotidiano.

É preciso que a escola, por meio do planejamento dos professores, preocupe-se em fomentar a criatividade nos estudantes trabalhando com a modelagem e a cultura, pois, ao integrar à educação escolar as questões do dia a dia, pode-se inclusive identificar diversas ações com fins de contribuir para aprendizagem dos estudantes. Os elementos culturais podem contribuir no desenvolvimento dos programas escolares de uma forma diferenciada e motivadora. (MADRUGA e LIMA, 2019, p. 263)

Como evidenciado, é importante considerar aspectos socioculturais dos estudantes, valorizando seu entorno e trazendo manifestações que são produzidas na comunidade para dentro da escola, estimulando a formação da criatividade e da criticidade no ambiente escolar.

Assim, é necessário ir além da lousa e do discurso centralizado no professor, criando um ambiente de diálogo com os estudantes em sala de aula, e com outros professores, possuindo como proposta “buscar o novo, junto com os seus alunos, em suas características emocionais e culturais” (D’AMBROSIO, 2009, p. 106).

Com base nas reflexões previamente apresentadas acerca da Modelagem Matemática e da Aprendizagem Significativa Crítica, expomos os argumentos que possibilitam entender o uso da Modelagem Matemática como método de ensino para os estudantes em sala de aula.

4 Entrelaçamentos: Modelagem Matemática e Aprendizagem Significativa Crítica

A utilização de práticas em sala de aula que utilizam métodos repetitivos, automáticos e com o objetivo de preparo para realização de provas em detrimento da compreensão da realidade, como a aprendizagem mecânica da Matemática, conduziram a resultados pouco satisfatórios no desenvolvimento dos estudantes, conforme explicitados em exames nacionais e internacionais. Não há desenvolvimento social, humano ou científico caso a compreensão da Matemática não seja significativa e crítica (SANTAROSA, 2016).

De acordo com Skovsmose (2008, p. 45), “[...] a busca de um caminho entre os diferentes ambientes de aprendizagem possa proporcionar novos recursos para levar os alunos a agir e a refletir, oferecendo, dessa maneira, uma educação matemática de dimensão crítica”, portanto, a Modelagem Matemática pode ser um método de ensino que venha a construir esse cenário de aprendizagem.

Uma boa prática em atividades que utilizam a Modelagem Matemática fornece evidências de que os estudantes conseguem correlacionar seus conhecimentos, em uma conversação entre os *subsunçores*, para estruturar um aprendizado significativo, já que “[...] deixa de ser um mero espectador para assumir a condição de sujeito ativo no processo de construção dos seus conhecimentos matemáticos” (SOUZA, 2021, p. 244), promovendo percepção, análise, reflexão, construção e criação de relações

entre os conteúdos matemáticos com as suas experiências de seu cotidiano.

Essa ressignificação do conhecimento proporcionado pela Modelagem Matemática ao utilizar como tema alguma questão advinda da realidade do estudante, traz outros olhares e reflexões para serem dialogadas em sala de aula, e que resultam em investigações. Nesse ambiente de ensino são oferecidas condições para o desenvolvimento de experiências para a aprendizagem significativa, em que os “[...] alunos verbalizem o que se passa em suas mentes ao pensarem sobre a atividade, propicia ao professor fazer inferências sobre os modelos mentais, possibilita a observação de evidências de atribuição de significados pelos alunos” (BORSSOI, 2013, p. 169).

Nessa perspectiva, a Modelagem Matemática pode tratar de situações-problemas que incidem na sociedade, por meio do senso crítico e criativo do estudante, indo além da aplicação dos conhecimentos matemáticos.

As atividades de Modelagem são consideradas como oportunidades para explorar os papéis que a matemática desenvolve na sociedade contemporânea. Nem matemática nem Modelagem são “fins”, mas sim “meios” para questionar a realidade vivida. Isso não significa que os alunos possam desenvolver complexas análises sobre a matemática no mundo social, mas que Modelagem possui o potencial de gerar algum nível de crítica. (BARBOSA, 2001, p. 4)

Com base na reflexão de Barbosa (2001), a Modelagem Matemática assume um olhar sociocrítico que interliga conhecimentos de matemática e reflexão, e assim, o ensino da Matemática oferece sentidos e significados duradouros aos estudantes, por meio da reflexão da realidade, e a utilização da Modelagem Matemática é um meio para que isso ocorra. “[...] as atividades devem potencializar a reflexão sobre a matemática, a própria Modelagem e seu significado social” (BARBOSA, 2001, p. 5),

Mais uma vez, a tendência em Educação Matemática em sala de aula atribui importante significado aos conhecimentos aprendidos, por meio da motivação do relacionamento entre a teoria e a prática da Matemática. A esse respeito,

[...] percebe-se que alguns dos princípios facilitadores da Aprendizagem Significativa Crítica estão presentes em atividades de Modelagem Matemática em vários aspectos: os trabalhos em grupo podem oportunizar a interação social e a procura por um modelo que descreva melhor determinada situação ou que resolva algum problema pode suscitar questionamentos. A validação do modelo ou análise da solução encontrada também pode levar à reflexão sobre o erro ou à necessidade de reformulações. Nesse sentido, uma perspectiva sociocrítica da Modelagem Matemática parece facilitar a

implementação destes princípios em sala de aula. (SILVA, 2011, p. 134)

Essa perspectiva sociocrítica da Modelagem Matemática, que é sustentada em um ambiente de problematização e de investigação, apresenta princípios que facilitam a inserção dos estudantes em discussões matemáticas, técnicas e reflexivas na busca de uma situação-problema, assim como na participação de debates sociais com referência à Matemática (LITTIG e *et al*, 2019).

Quando falamos em uma Modelagem Matemática voltada para aspectos sociocríticos em sala de aula, nos referimos a uma abordagem de acordo com a Educação Matemática Crítica, cujo ponto de encontro está na aprendizagem dos conceitos matemáticos vinculados ao cotidiano do estudante. As atividades metodológicas devem conduzi-los a uma participação crítica na sociedade, com oportunidade de interação social, tanto na procura quanto na análise e validação de um modelo advindo de uma questão-problema, resultando em reflexões sobre o erro ou a necessidade de reformulações (SKOVSMOSE, 2014; SILVA, 2011).

Portanto, verifica-se que na Modelagem Matemática há aspectos da Aprendizagem Significativa Crítica que buscam explicações sobre os modos distintos de se trabalhar com a realidade, fundamentados na “[...] ampliação da autonomia dos alunos, que tem como objetivo propiciar a leitura e a ampliação da visão de mundo, o desenvolvimento do pensamento autônomo e contribuir para o exercício pleno da cidadania” (OREY e ROSA, 2007, p. 204).

Complementando, a Modelagem Matemática contribui para a “[...] possibilidade dos alunos discutirem os critérios utilizados na construção dos modelos matemáticos, percebendo, assim, que os resultados matemáticos não são neutros, mas dependem de seus processos de produção” (SANTOS e BARBOSA, 2007, p. 745), promovendo indagações políticas, econômicas e/ou sociais.

Evidencia-se que a Modelagem Matemática é um método de ensino para a Aprendizagem Significativa, e o professor pode orientar os estudantes por meio de questões-problema reais que podem ser matematizadas no contexto escolar, favorecendo a apresentação de conhecimentos prévios e construindo uma aprendizagem que pode ser espelhada na vida de cada um.

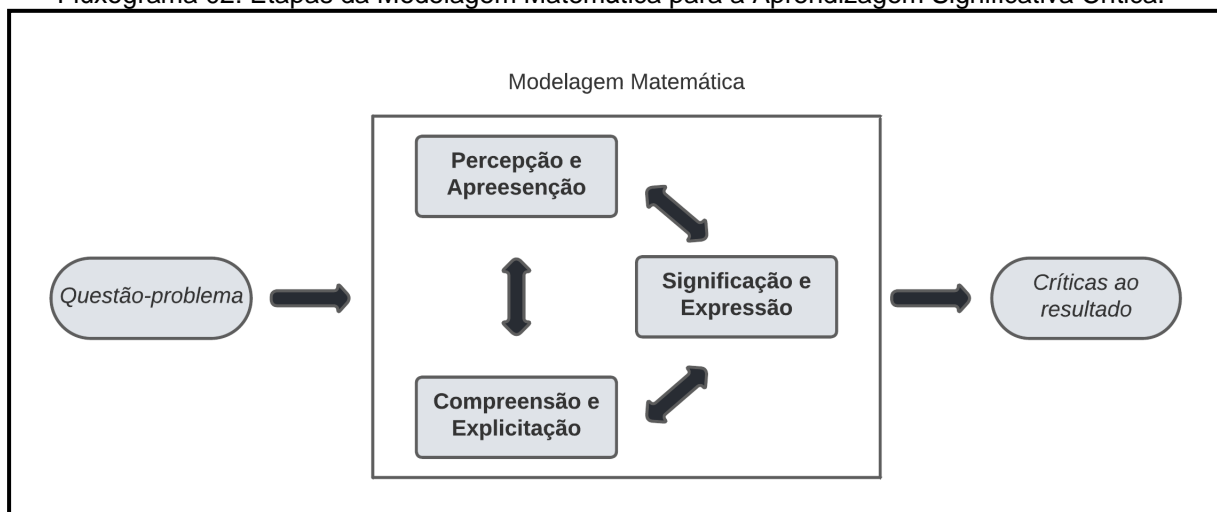
Em relação à criticidade da Modelagem Matemática, ou seja, a Aprendizagem Significativa Crítica, entendemos que a crítica em sala de aula vai além do artifício de

ser utilizada para a resolução da questão-problema, necessitando que os estudantes indaguem os resultados da Modelagem Matemática por meio da visão da realidade, propondo questões políticas, econômicas e/ou sociais a serem dialogadas a partir dos apontamentos apresentados no ambiente escolar.

Compreendemos que, para ocorrer uma Modelagem Matemática que seja significativa e crítica, devemos percorrer o seguinte caminho: elaborar a questão-problema advinda da realidade dos estudantes; conhecer o problema e levantar dados com os estudantes, assim como considerar seus conhecimentos prévios sobre o tema, matemáticos e cotidianos; realizar a tradução matemática do problema para a sua resolução; apresentar um modelo de resolução e verificar se responde à questão-problema inicial;

por fim, é indispensável criticar o(s) resultado(s) apontado(s), verificando os motivos, se os mesmos correspondem ao que é vivido pelos estudantes, e outras perspectivas que com aspecto político, econômico e/ou o social. Esses passos são descritos no fluxograma seguinte, o qual utilizamos os termos das etapas de Modelagem Matemática descritas por Biembengut (2016).

Fluxograma 02: Etapas da Modelagem Matemática para a Aprendizagem Significativa Crítica.



Fonte: elaborado pelo pesquisador, 2022.

Com essa compreensão da Modelagem Matemática como método de ensino da Aprendizagem Significativa Crítica, no próximo tópico, apresentamos o mapeamento de dissertações e teses sobre o tema em discussão.

5 Mapeando a Modelagem Matemática em conjunto com a Aprendizagem Significativa Crítica

O estado da arte é uma importante etapa metodológica na construção de uma pesquisa, e assim sendo, nesta seção realizaremos um mapeamento de investigações pretéritas que apontam a Modelagem Matemática como método de ensino da Aprendizagem Significativa Crítica. Para isso, adotamos um protocolo para a revisão, com marco temporal, bancos de dados para a coleta, descritores a utilizados e como analisaremos os resultados apontados nessas investigações.

Consideramos um recorte temporal de seis anos, de 2016 a 2021, na base de dados da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), e utilizamos como descritores: “Modelagem Matemática”; “Educação Matemática”; “Educação Matemática Crítica”; “Aprendizagem Significativa”; “Aprendizagem Significativa Crítica”; “Ausubel”; “Ensino Fundamental”; e, “Ensino Básico” Como resultado, obtivemos cerca de setecentos e setenta e cinco (775) pesquisas, contudo, ao verificar o título e as palavras-chave empregadas, identificamos oitenta e uma (81) investigações, dentre dissertações e teses.

Contudo, após um primeiro exame das pesquisas selecionadas, verificamos que os critérios utilizados deveriam ser revistos, portanto, adicionamos à leitura o resumo e a introdução, e sete (07) trabalhos foram selecionados. Desse montante, dois (02) eram repetidos, totalizando cinco (05) pesquisas a serem analisadas, desconsiderando os trabalhos cujo tema principal era divergente ao nosso, como formação inicial e continuada de professores, ensino profissionalizante, ensino de outras áreas do conhecimento (física, química e bioquímica), produção de aplicativos e histórias em quadrinho, gamificação e outros.

Ao analisar esse material, uma pesquisa foi excluída pois o autor deixou de utilizar a Modelagem Matemática e estudou somente a Aprendizagem Significativa. Desta maneira, restaram quatro (04) dissertações.

Quadro 1: Mapeamento das teses e dissertações relacionadas a pesquisa.

Nº	Ano	Programa/Instituição	D ³	Título	Autor(a)
01	2016	CEDU-UFAL	D	Ensino-aprendizagem de funções trigonométricas através do software GeoGebra aliado à Modelagem Matemática	Enaldo Vieira de Melo
02	2017	PPGEMEF-UFMS	D	Unidade de Ensino Potencialmente Significativa com Modelagem Matemática para a aprendizagem do conceito de volume em uma escola militar do RS	Alexandre Xavier dos Santos

3 Sigla para identificar que o estudo se trata de uma Dissertação (D).

03	2017	PUC/SP	D	O ensino de funções trigonométricas com o uso da Modelagem Matemática sob a perspectiva da Aprendizagem Significativa	Felipe de Almeida Costa
04	2020	FVC	D	Construções geométricas para o ensino de geometria na 1º série do Ensino Médio	Claudia Mara de Oliveira Belonia Vieira

Fonte: Elaborado pelo Pesquisador, 2022.

Conforme apresentado na tabela, buscamos as pesquisas que possuam relação com os temas: Modelagem Matemática; Aprendizagem Significativa; e, Aprendizagem Significativa Crítica, no Ensino Básico. Nesse contexto, apresentaremos as análises dos trabalhos, destacando os aspectos que conduziram a Modelagem Matemática a um método de ensino da teoria da Aprendizagem Significativa Crítica nessas investigações.

Na pesquisa de Melo (2016), foi utilizado o *software* Geogebra em conjunto com a Modelagem Matemática para ensino e aprendizagem de funções trigonométricas seno e cosseno, para estudantes do 2º ano do Ensino Médio, tendo como tema as fases lunares e a altura da maré. O autor utilizou, como metodologia, uma sequência didática dividida em cinco etapas.

No primeiro momento, realizou a análise dos conhecimentos prévios dos estudantes acerca do conteúdo de funções trigonométricas, assim como as associações em relação ao mundo real, por meio de questionários semiestruturados. Verificou-se que os estudantes possuíam contato, por meio de seus pais, com a pesca. Como procedimento para estruturar os conhecimentos acerca de função trigonométrica e periodicidade, foi realizada uma oficina para tradução das fases lunares e altura da maré por meio de funções trigonométricas, seno e cosseno, utilizando *software*.

Em seguida, o autor realizou a Modelagem Matemática, que possuía como questão-problema traduzir as fases lunares e a altura da maré em um determinado mês e dia em duas funções, seno e cosseno. Com o modelo realizado, ocorreram debates sobre quais são os melhores dias e horários para tomar banho de mar, se terá maré alta ou baixa e o melhor dia para pescar, de acordo com as fases lunares e da altura da maré. Por fim, o questionário evidenciou que o *software*, aliado à Modelagem Matemática, é um facilitador para a aprendizagem de funções trigonométricas, em comparação a abordagem tradicional, evidenciando uma aprendizagem significativa.

Para a pesquisa de Santos (2017), aliou-se Modelagem Matemática à Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), que se trata de “[...] uma sequência didática composta por atividades com a característica de ser potencialmente facilitadora em proporcionar aprendizagem significativa aos alunos” (SANTOS, 2017, p. 31), para o ensino de volume de sólidos geométricos, para estudantes do 3º ano do Ensino Médio, por meio de diversos temas a serem modelados.

Como procedimento inicial, o autor aplicou um questionário online para identificar as concepções dos estudantes sobre Matemática, e verificar seus conhecimentos prévios sobre geometria espacial e dificuldades em relação ao tema. Foram realizadas Modelagens Matemáticas para o ensino de geometria espacial, com objetos do cotidiano, e o material usado para calcular volume de sólidos.

Como atividade final, os estudantes propuseram seis questões-problema a serem investigadas por meio da Modelagem Matemática, em três etapas. Ficou evidente que somente um desses temas adveio do cotidiano dos estudantes, qual seja, o custo de fabricação de trufas, que ao ser modelado, mostrou como resultado o valor do lucro, e os estudantes debateram o resultado com espanto e sugestões de aumento no preço final das trufas, com apontamento das variáveis que influenciam no ganho.

Por fim, as análises dos resultados de um último questionário evidenciaram que as atividades que utilizam a Modelagem Matemática foram bem recebidas pelos estudantes, havendo uma preferência para uma aprendizagem não mecânica, sendo atuantes no processo de ensino e aprendizagem, e apontando que essas atividades levaram à UEPS.

A pesquisa de Costa (2017), de viés qualitativo, utilizou da Modelagem Matemática para a Aprendizagem Significativa de funções trigonométricas com estudantes de uma escola do 3º ano do Ensino Médio, tendo como tema o ciclo das chuvas. O autor realizou três atividades que foram divididas em oito aulas.

Como procedimento inicial, o autor verificou os conhecimentos prévios dos estudantes por meio de exercícios, destacando-se a necessidade de fortalecer e criar *subsunçores* adequados e realizando experimentos para o ensino inicial de funções trigonométricas. Assim, dos questionários realizados, foram construídos gráficos do índice pluviométrico de dois anos seguidos da cidade onde vivem, verificando que as chuvas ocorrem nos meses finais e iniciais do ano, no verão, e possuem menor índice

no meio do ano, no inverno, tal como a percepção de que as chuvas ocorrem em ciclos, possibilitando a modelagem desse fenômeno.

Desenvolveu-se como questão-problema a minimização dos problemas de deslizamento que ocorrem na cidade onde vivem. Como resultado, Costa (2017) evidencia que “a modelagem nessa atividade fez com que os alunos questionassem as ações políticas no município, perceberam que os órgãos públicos deixam de realizar intervenções para resolver os problemas da população [...]”, destacando a dimensão crítica e reflexiva empregada pelos estudantes. Houve uma construção significativa dos conceitos propostos sobre periodicidade em funções trigonométricas seno e cosseno, relacionando a realidade com o tema estudado.

Por fim, a pesquisa de Vieira (2020) ocorreu com estudantes do 1º ano do Ensino Médio, e a autora utilizou a Modelagem Matemática para o ensino de geometria por meio da ludicidade, tendo como tema a paisagem urbana. Como procedimento inicial, a autora verificou os conhecimentos prévios dos estudantes por meio de questionários mistos, evidenciando suas dificuldades ao associarem as figuras geométricas presentes no cotidiano.

Como procedimento para a construção de *subsunções* favoráveis, realizaram-se aulas tradicionais e ficou evidente a tomada de posturas passivas, trazendo concepções erradas e dificuldades na assimilação de conhecimento. Então, o professor resolveu atuar de maneira a contextualizar o conteúdo e permitir que os estudantes obtivessem autonomia em relação a aprendizagem, por meio da realização de seminários, videoaulas e elaboração de maquetes de construções geométricas do espaço urbano, seguindo processos de Modelagem Matemática.

Adotou-se uma perspectiva crítica e democrática da Matemática, e a inserção de novas metodologias de ensino e de tecnologias para valoração e promoção de uma aprendizagem significativa, instruída por uma didática flexível e capacitadora. Como resultados tem-se a construção da maquete, a apresentação de seminários e videoaulas pelos estudantes e que trouxeram bons resultados, visto que eles se auxiliaram em grupo obtiveram êxito, compreendendo que o lúdico tem potencial significativo para a aprendizagem de conceitos de geometria espacial, conseguindo assimilar melhor o conteúdo.

Portanto, os resultados dessas quatro pesquisas revelam a possibilidade de um relacionamento entre a Modelagem Matemática e a Aprendizagem Significativa, e o

estudante pode compreender a Matemática em sala de aula por meio de questões-problema advindas da realidade, podendo ser ativo na busca do seu próprio conhecimento, e o professor tem como papel ser o orientador do processo.

Destaca-se que somente os estudos de Santos (2017) e Costa (2017) apresentaram a ocorrência de uma Aprendizagem Significativa Crítica, pois houve uma crítica dos resultados apontados ao final da Modelagem Matemática em relação à realidade, havendo indagações acerca do lucro da produção de trufas e das ações políticas no município para conter os deslizamentos de terra nas épocas de maior incidência de chuvas.

E ainda que Melo (2016) e Vieira (2020) tenham relatado aspectos da criticidade em suas investigações, não podemos dizer que houve uma Aprendizagem Significativa Crítica, pois carece da indagação dos resultados obtidos pelos processos de Modelagem Matemática interpretar a realidade.

6 Diálogos finais

O presente artigo foi elaborado com o intuito de verificar os aspectos que conduzem a Modelagem Matemática a ser um método de ensino da teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. Tecemos reflexões acerca da utilização de uma Matemática significativa e crítica para a aprendizagem dos estudantes em sala de aula, lhes proporcionando aspectos de tomada de decisão, criatividade e reflexões da sua realidade.

Nessa perspectiva, verificamos que a Modelagem Matemática, a depender do objetivo do professor, pode ser usada para relacionar conteúdos matemáticos com a realidade do estudante, por meio da escolha do tema a ser modelado, sendo que, ao mesmo tempo em que se utiliza da Matemática, também pode refletir sobre os apontamentos que ela proporciona, promovendo uma Aprendizagem Significativa Crítica, realizada na correlação entre teoria e prática da Matemática.

Nesse contexto, o estudante é o condutor do seu aprendizado, partindo de conteúdos de interesse, e qual o professor é o orientador desse processo. Destacamos, contudo, que esses interesses partem do estudante querer fazer, ou seja, correlacionar os conhecimentos de maneira não-literal e não-arbitrária.

Apresentamos um mapeamento de teses e dissertações que dialogam com esse tema, e indicam possibilidades de utilização da Modelagem Matemática como

método de ensino para a Aprendizagem Significativa Crítica. Os resultados são examinados e confrontados com a realidade, como exemplo, na pesquisa de Santos (2017) que indaga os motivos do baixo lucro ao produzir trufas, e na pesquisa de Costa (2017), questionando as ações políticas no município para conter os deslizamentos de terra nas épocas de maior incidência de chuvas.

Por meio dessas leituras, verificamos que é justificável adotar a Modelagem Matemática como método de ensino e aprendizagem para promover a Aprendizagem Significativa Crítica em sala de aula, pois ela pode propor uma aprendizagem significativa ao trazer os conhecimentos prévios, matemáticos e cotidianos, dos estudantes. Esse diálogo se dá por meio dos processos de encontrar um modelo, assim como na criticidade ao identificar e indagar os processos e resultados da modelagem, na esfera política, econômica e/ou social, desmitificando a ideia de que os resultados matemáticos não são suscetíveis de serem criticados.

Em caráter conclusivo, essa investigação apresenta os alicerces da pesquisa de mestrado do primeiro autor, cuja prática ocorre com estudantes de uma escola do Projeto Assentamento Rio Preto, localizado acerca de 100 km da cidade de Araguaína/TO. Outros trabalhos serão gerados e as evidências apontadas ao se utilizar a Modelagem Matemática e a Aprendizagem Significativa Crítica com esses estudantes.

Agradecimentos

Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGecim) da Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT) e aos pesquisadores e amigos do Grupo de Estudos e Pesquisas de Práticas Investigativas em Educação Matemática (GEPIMat) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) pela constituição formativa.

Referências

ALVES, Marcos Alexandre; TATSCH, Karla Jaqueline Souza. Epistemologia, História e Ensino da Matemática: reflexões sobre formação e aprendizagem significativa. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 8, n. 3, p. 78-93, 2017.

AUSUBEL, David Paul. A subsumption theory of meaningful verbal learning and retention. **The Journal of General Psychology**, Illinois, v. 66, p. 213-224, 1962.

AUSUBEL, David. Paul; NOVAK, Joseph Donald; HANESIAN, Helen. **Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo**. 2 ed. México: Trillas, 1963. 623 p.

BARBOSA, Jonei Cerqueira. Modelagem na Educação Matemática: contribuições para o debate teórico. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 24, 2001, Caxambu. **Anais da 24ª Reunião Anual da ANPED**. Rio de Janeiro, 2001. p. 1-30.

BASSANEZI, Rodney Carlos. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia**. 3. São Paulo: Contexto, 2006.

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

BIEMBENGUT, Maria Salett; HEIN, Nelson. **Modelagem Matemática no Ensino**. São Paulo: Contexto, 2000. 126 p.

BORSSOI, Adriana Helena. **Modelagem Matemática, Aprendizagem Significativa e Tecnologias**: articulações em diferentes contextos educacionais. 2013. 256 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) — Curso de Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática. Universidade Estadual de Londrina. Londrina.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC/SEB, 2018.

BURAK, Dionísio. **Modelagem Matemática**: ações e interações no processo de ensino-aprendizagem. 1992. 460 f. Tese (Doutorado) — Curso de Psicologia Educacional. Universidade Estadual de Campinas. Campinas.

CARRIL, Maria da Graça Pimentel; NATÁRIO, Elisete Gomes; ZOCCAL, Sirlei Ivo. Considerações sobre aprendizagem significativa, a partir da visão de Freire e Ausubel: uma reflexão teórica. **E-Mosaicos**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 13, p. 68-78, 2017.

COSTA, Felipe de Almeida. **O ensino de funções trigonométricas com o uso da Modelagem Matemática sob a perspectiva da teoria da Aprendizagem Significativa**. 2017. 142 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) — Curso de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. São Paulo.

DALVI, Silvana Cocco; REZENDE, Oscar Luiz Teixeira de; LORENZONI, Luciano Lessa. Modelagem Matemática na perspectiva sociocrítica: ambiente para a comunicação dialógica. **Educação Matemática Debate**, Monte Claros, v. 4, p. 1-23, 2020.

D'AMBROSIO, Ubiratan. **Educação Matemática**: da teoria à prática. 17. Campinas: Papirus, 2009.

LITTIG, Jonisario et al. A Modelagem Matemática na perspectiva sociocrítica e a Teoria da Situação Didática: identificando aproximações potencializadores da aprendizagem e do desenvolvimento do conhecimento reflexivo. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 1-13, 2019.

MADRUGA, Zulma Elizabete de Freitas; LIMA, Valderez Marina do Rosário. Aprender com Modelagem: relações entre modelagem (matemática) e processos criativos. **Alexandria**: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, Florianópolis, v. 12, n. 2,

p. 241-266, 2019.

MAGALHÃES, Arthur Philipe Cândido; VILLAGRÁ, Jesus Angel Meneses; GRECA, Ileana María. Análise das Habilidades e Atitudes na Aprendizagem Significativa Crítica de Fenômenos Físicos no Contexto das Séries Iniciais. **Ciência & Educação**, Montes Claros, v. 26, p. 1-16, 2020.

MELO, Enaldo Vieira de. **Ensino-aprendizagem de funções trigonométricas através do software Geogebra aliado à Modelagem Matemática**. 2016. 152 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) — Curso de Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. Universidade Federal de Alagoas. Maceió.

MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizagem Significativa Crítica. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, 3, 2000, Peniche. **Anais do 3º EIAS**. Peniche, 2000, p. 1-24.

MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizagem Significativa: da visão clássica à visão crítica. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, 5, 2006, Madrid. **Anais do 5º EIAS**. Madrid, 2006, p. 1-15.

MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizagem Significativa: um conceito subjacente. **Actas del Encuentro Internacional Sobre El Aprendizaje Significativo**, Burgos, p. 19-44, 1997.

MOREIRA, Marco Antonio. O que é afinal Aprendizagem Significativa? **Qurrriculum, La Laguna**, p. 1-27, 2012.

MOREIRA, Marco Antonio; MASINI, Elcie F. Salzano. **Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

OREY, Daniel Clark; ROSA, Milton. A dimensão crítica da modelagem matemática: ensinando para a eficiência sociocrítica. **Horizontes**, Itatiba, v. 25, n. 2, p. 197-206, 2007.

ROZAL, Edilene Farias; SOUZA, Ednilson Sergio Ramalho de; SANTOS, Neuma Teixeira dos. Aprendizagem em matemática, aprendizagem significativa e neurociência na educação dialogando aproximações teóricas. **Revista da Rede Amazônica de Educação em Ensino de Ciências e Matemática**, Cuiabá, v. 5, n. 1, p. 143-164, 2017.

SANTAROSA, Maria Cecília Pereira. Ensaio sobre a aprendizagem significativa no ensino de matemática. **Aprendizagem Significativa em Revista**, Porto Alegre, v. 6, p. 57-69, 2016.

SANTOS, Alexandre Xavier dos. **Unidade de Ensino Potencialmente Significativa com Modelagem Matemática para a aprendizagem do conceito de volume em uma escola militar do RS**. 2017. 149 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) — Curso de Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Ensino de Física. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria.

SANTOS, Marluce Alves dos; BARBOSA, Jonei Cerqueira. As oportunidades de

produção das discussões reflexivas num ambiente de Modelagem Matemática. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 4, 2007, Ouro Preto. **Anais da 4º CNMEM**. Ouro Preto, 2007, p. 733-748.

SILVA, Cíntia da. **A perspectiva sociocrítica da modelagem matemática e a aprendizagem significativa crítica: possíveis aproximações**. 2011. 144 f. Dissertação (Tese Mestre em Educação para a Ciência e a Matemática) — Curso de Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática. Universidade Estadual de Maringá. Maringá.

SKOVSMOSE, Ole. **Desafios da reflexão em Educação Matemática Crítica**. Rio Claro: Papirus, 2008.

SKOVSMOSE, Ole. **Educação matemática crítica: a questão da democracia**. Campinas: Papirus, 2001.

SKOVSMOSE, Ole. **Um convite a Educação Matemática Crítica**. Rio Claro: Papirus, 2014.

SOUZA, Jerson Sandro Santos de. Modelagem Matemática e Aprendizagem Significativa: uma relação subjacente. **Jornal Internacional de Estudos em Educação Matemática**, Londrina, v. 14, n. 2, p. 241-247, 2021.

VIANA, Elvis Ricardo; VERTUAN, Rodolfo Eduardo. Modelagem Matemática e Criatividade: algumas confluências. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo v. 12, n. 2, p. 1-23, 2021.

VIEIRA, Cláudia Mara de Oliveira Belonia. **Construções geométricas para o ensino de geometria na 1ª série do ensino médio**. 2020. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciência, Tecnologia e Educação) — Curso de Programa de Mestrado Profissional em Ciência, Tecnologia e Educação. Faculdade Vale do Cricaré. São Mateus.