Tangram
Revista de Educação Matemática

DOI: 10.30612/tangram.v8i1.19218

# “Projeto Dengue”: a modelagem matemática e a leitura e escrita do mundo com a matemática em projetos de trabalho

*“Project Dengue”: mathematical modeling and reading and writing the world with mathematics in work projects*

*“Proyecto Dengue”: modelación matemática y lectura y escrita del mundo com matemáticas em proyectos de trabajo*

**Bruno Damien da Costa Paes Jürgensen**
Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico, Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, Campus Santos Dumont (IF Sudeste MG)
Santos Dumont, Minas Gerais, Brasil
E-mail: bruno.jurgensen@ifsudestemg.edu.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-6236-1392

**Breno Cézar da Costa**
Graduando em Licenciatura em Matemática, Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, Campus Santos Dumont (IF Sudeste MG)
Santos Dumont, Minas Gerais, Brasil
E-mail: bcezar718@gmail.com
Orcid: 0009-0008-1531-2599

Tangram
Revista de Educação Matemática
Universidade Federal da Grande Dourados

**Resumo:** A educação deve abordar questões sociopolíticas que afetam o contexto educacional, permitindo aos alunos usar a matemática e outros conhecimentos para compreender e agir sobre sua realidade, criticamente e colaborativamente. Logo, se faz necessário propostas educacionais que permitam aos estudantes desenvolver essas competências. O objetivo deste trabalho é apreender a percepção de estudantes do ensino médio, participantes de um projeto de trabalho, acerca da relevância do problema, estratégia pedagógica, aprendizados matemáticos e das habilidades de escrita e leitura do mundo com a matemática. A pesquisa, qualitativa, exploratória e aprovada pelo comitê de ética, contou com 25 alunos do 3º ano do ensino médio - 15 compuseram o corpus de análise. O instrumento de coleta de dados foi um questionário online, submetido à análise de conteúdo temática, com categorias a priori. Os resultados apontam a estratégia de ensino como interessante e capaz de atribuir significados práticos aos conteúdos teóricos, embora complexa. Apesar de sinalizar a importância de abordar problemas reais, alguns alunos não se sentem aptos a lidar sobre novos problemas usando a matemática. Entretanto, identificaram interdisciplinaridades, atribuindo importância à matemática, à modelagem e adquirindo confiança para manipular essas ferramentas. A análise delineou possibilidades e limitações acerca da utilização dessa estratégia de ensino não tradicional. A aplicação prática do conteúdo e a abordagem de problemas reais contribuíram à formação crítica dos alunos. Porém, tais propostas devem ser mais frequentes ao longo da Educação Básica, para que os estudantes mudem sua visão acerca da matemática e do papel social da escola.

**Palavras-chave:** Educação matemática crítica. Modelagem matemática. Projetos de trabalho.

**Abstract:** Education should address sociopolitical issues that affect the educational context, allowing students to use mathematics and other knowledge to understand and act on their reality, critically and collaboratively. Therefore, it is necessary to have educational proposals that allow students to develop these competencies. The objective of this work is to understand the perception of high school students, participants in a work project, regarding the relevance of the problem, pedagogical strategy, mathematical learning, and the skills of writing and reading the world with mathematics. The qualitative, exploratory research, approved by the ethics committee, included 25 third-year high school students - 15 composed the analysis corpus. The data collection instrument was an online questionnaire, subjected to thematic content analysis, with predefined categories. The results indicate that the teaching strategy is interesting and capable of assigning practical meanings to theoretical content, although it is complex. Despite indicating the importance of addressing real problems, some students do not feel capable of dealing with new problems using mathematics. However, they identified interdisciplinarities, attributing importance to mathematics, to modeling, and gaining confidence to manipulate these tools. The analysis outlined possibilities and limitations regarding the use of this non-traditional teaching strategy. The practical application of the content and the approach to real problems contributed to the critical formation of the students. However, such proposals should be more frequent throughout Basic Education so that students change their view of mathematics and the social role of the school.

**Keywords:** Critical mathematics education. Mathematical modelling. Work projects.

Tangram
Revista de Educação Matemática
Universidade Federal da Grande Dourados

**Resumen:** La educación debe abordar cuestiones sociopolíticas que afectan el contexto educativo, permitiendo a los estudiantes usar las matemáticas y otros conocimientos para comprender y actuar sobre su realidad, de manera crítica y colaborativa. Por lo tanto, es necesario contar con propuestas educativas que permitan a los estudiantes desarrollar estas competencias. El objetivo de este trabajo es comprender la percepción de los estudiantes de secundaria, participantes en un proyecto de trabajo, sobre la relevancia del problema, la estrategia pedagógica, los aprendizajes matemáticos y las habilidades de escritura y lectura del mundo con las matemáticas. La investigación cualitativa y exploratoria, aprobada por el comité de ética, contó con la participación de 25 alumnos del tercer año de secundaria - 15 compusieron el corpus de análisis. El instrumento de recolección de datos fue un cuestionario en línea, sometido a análisis de contenido temático, con categorías a priori. Los resultados indican que la estrategia de enseñanza es interesante y capaz de asignar significados prácticos a los contenidos teóricos, aunque sea compleja. A pesar de señalar la importancia de abordar problemas reales, algunos estudiantes no se sienten capaces de lidiar con nuevos problemas utilizando las matemáticas. Sin embargo, identificaron interdisciplinariedades, atribuyendo importancia a las matemáticas, a la modelización y ganando confianza para manipular estas herramientas. El análisis delineó posibilidades y limitaciones respecto al uso de esta estrategia de enseñanza no tradicional. La aplicación práctica del contenido y el enfoque a problemas reales contribuyeron a la formación crítica de los estudiantes. Sin embargo, tales propuestas deben ser más frecuentes a lo largo de la Educación Básica para que los estudiantes cambien su visión sobre las matemáticas y el papel social de la escuela.

**Palabras clave:** Educación matemática crítica. Modelación matemática. Proyectos de Trabajo.

**Recebido em** 06/12/2024
**Aceito em** 30/03/2025

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A matemática, dentre os diversos componentes curriculares, é uma importante ferramenta a ser apreendida durante a formação dos estudantes, para sua inserção na vida em sociedade e atuação no mundo do trabalho. Entretanto, essa formação pode estar voltada para a preparação para o estabelecimento e manutenção do funcionamento social tal qual se apresenta, disciplinando-os para seguir regras de uma sociedade disciplinadora (Skovsmose, 2008), ou para a inserção crítica, que tensione discursos hegemônicos acerca da própria matemática e de seus usos no mundo (Skovsmose, 2014).

Dado que os conhecimentos curriculares normalmente são dados como neutros e estratificados de forma a poderem ser avaliados externamente, com a matemática ocupando um lugar de destaque (Apple, 2006), é necessário "insistir na busca de caminhos para desvendar o que poderia ser uma educação matemática mais significativa" (Skovsmose, 2014, p. 45). Skovsmose (2007; 2013) alerta para o fato de que a educação matemática pode deixar marcar profundas nos estudantes, sendo produtora e legitimadora de desigualdades e exclusões, apontando para uma educação matemática que seja crítica e consciente de seus estudantes, seus obstáculos de aprendizagem e sua participação em uma sociedade democrática.

Parte das preocupações da educação matemática crítica (EMC) consiste em desafiar o paradigma do exercício, presente no ensino tradicional de matemática, suplantando-o por processos investigativos, que favoreçam o diálogo em sala de aula, com atitudes democráticas e problemas relevantes para os alunos, que permitam o desenvolvimento de capacidades de leitura e escrita do mundo (Skovsmose, 2013; Gutstein, 2006).

Nesse sentido, é necessária uma reorganização do ensino, de modo a atender esses objetivos. De modo a tornar mais significativa a relação entre ensinar e aprender, organizar o ensino por meio de temas e problemas, rompendo com a linearidade e homogeneização predominante nos currículos tradicionais, Hernández e Ventura (2017) sinalizam para a organização do ensino por meio de projetos de trabalho. Essa organização, conforme apontado por Biotto Filho (2013), pode

favorecer o desenvolvimento da leitura e escrita do mundo com a matemática, visto que, em geral, debruça-se sobre um tema relevante para os alunos e para a comunidade, prioriza a investigação e o trabalho em grupo, além de promoverem a conscientização política e a reflexão social. O autor ainda destaca que, dentre as estratégias pedagógicas possíveis, estão “a exploração de um assunto ou de uma situação real, formulações de questões, levantamento de hipóteses, coleta e organização de dados, estudo de conteúdos matemáticos necessários para a construção de modelos matemáticos, entre outros” (Biotto Filho, 2013, p. 3)

Como citado, a modelagem matemática apresenta-se como uma importante estratégia na organização do ensino por projetos em contextos de EMC. Isso se deve ao fato de possibilitar, aos professores “usar ferramentas matemática, cujo manejo e domínio estejam disponíveis para o aluno a fim de que ele possa estudar, entender, formular, resolver e, principalmente, decidir” (Meyer, Caldeira & Malheiros, 2023, p. 26); e, aos alunos, possibilita o desenvolvimento de capacidades de “crítica, raciocínio, curiosidade, independência, autonomia, responsabilidade” (Meyer et al., 2023, p. 26).

Sendo assim, o trabalho aqui apresentado, que é um recorte de uma pesquisa de Iniciação Científica, buscou responder ao seguinte problema: “Quais as percepções dos alunos de ensino médio de uma instituição federal sobre o uso da modelagem matemática para o aprendizado de conteúdos matemáticos e o desenvolvimento de habilidades de leitura e escrita do mundo com a matemática?”.

O objetivo da pesquisa era, desse modo, apreender a percepção dos estudantes que participaram de atividades de um projeto de trabalho, intitulado “Projeto Dengue”, acerca da relevância do problema, da estratégia pedagógica utilizada (modelagem matemática), dos aprendizados matemáticos e das habilidades de escrita e leitura do mundo com a matemática. O tema do projeto foi escolhido pelos professores devido ao grande aumento no número de casos ocorridos em todo país e, a partir disso, feito um convite aos alunos para participarem do projeto de trabalho.

Buscando cumprir os objetivos da pesquisa e responder ao problema, a pesquisa, de caráter qualitativo e exploratório (Gil, 2019), valeu-se da aplicação de um questionário ao final das atividades do referido projeto, forma de produção dos dados,

que foram submetidas à análise de conteúdos categorial temática (Bardin, 2016). Nas seções seguintes explicitamos o referencial teórico, bem como o percurso metodológico que nos guiou na discussão dos dados e apresentação das considerações finais.

## EMC E LEITURA E ESCRITA DO MUNDO COM A MATEMÁTICA

De acordo com Skovsmose (2007) a educação matemática faz parte de mudanças na cultura e, por esse motivo, está sujeita a incertezas, sobretudo em relação ao seu papel no desenvolvimento social e tecnológico. Além disso, sua natureza crítica também é alvo de incerteza, visto que pode ser determinada para servir a alguma função social quando organizada em um currículo nacional padronizado. Sua natureza crítica emerge das preocupações em torno do qual o ensino é organizado. Conforme asseverado pelo autor,

> Educação matemática crítica não é para ser entendida como um ramo especial da educação matemática. Não pode ser identificada com certa metodologia de sala de aula. Não pode ser constituída por currículo específico. Ao contrário, eu vejo a educação matemática crítica como definida em termos de algumas preocupações emergentes da natureza crítica da educação matemática (Skovsmose, 2007, p. 73).

A EMC, por ter inspiração freireana, tem como preocupação os processo de construção do conhecimento e seu significado, rumo ao desenvolvimento de uma consciência crítica (Frankenstein, 1983). Nesse sentido, baseada nas ideias de Paulo Freire, Frankenstein (1983) recorda que o conteúdo de uma educação para a consciência crítica deve estar associado a uma busca conjunta com os estudantes por ideias que deem significado à suas vidas. A organização do ensino ao redor de temas e problemas pode ser profícua para esse fim, visto que permite às pessoas conhecerem e abordarem esses temas criticamente e, a partir disso, serem motivadas a intervir e transformar uma determinada situação.

Compreender e atuar sobre um problema nos remetem diretamente à ideia de leitura e escrita do mundo com a matemática, proposta por Gutstein (2006). Além de demonstrar preocupação com a discussão acerca do papel do conhecimento e sua construção, Gutstein (2006) propõe que o conhecimento matemático adquirido

academicamente pelos alunos seja utilizado para compreender (“ler o mundo” com a matemática) e atuar sobre problemas reais (“escrever o mundo) com a matemática. O autor assevera, contudo, que isso só é possível a partir do momento em que se domina, também, os conhecimentos matemáticos necessários para essa compreensão e atuação.

Em diálogo com a obra de Freire, é necessária uma “alfabetização matemática”, evidenciando que os conteúdos não ocupam lugar secundário no ensino. Por exemplo, nesta pesquisa, os conhecimentos acerca de sistemas lineares deixam de ter um significado puramente abstrato para adquirirem outro significado (como as variáveis envolvidas no ciclo de vida do mosquito da dengue, o *Aedes aegypti*), visto que estavam conectados a uma situação real.

Como trata-se de um processo, o professor tem um papel fundamental, pois precisa auxiliar os estudantes em seu aprendizado, conduzindo-os a perceberem-se como sujeitos capazes de produzir mudanças e atuar na sociedade (Gutstein, 2006). Essa ideia relaciona-se com o que o autor chama de desenvolvimento de identidades culturais positivas, que não somente visam preservar a integridade cultural de um grupo, bem como suas características, mas também fortalecer a autoconfiança, perseverança e coragem para atuar socialmente.

Conforme supracitado, os conteúdos não ocupam um lugar secundário. Sem as ferramentas específicas proporcionadas pelos conhecimentos matemáticos, os objetivos anteriores dificilmente se concretizariam. Ademais, para além dos objetivos de leitura e escrita do mundo com a matemática, intenta-se que os estudantes obtenham sucesso acadêmico no sentido tradicional, isto é, sejam bem sucedidos em “testes padronizados, passem pelo ensino médio, tenham sucesso na faculdade, tenham acesso a cursos avançados de matemática (se quiserem) e persigam uma carreira relacionada à matemática” (Gutstein, 2006, p. 30).

Um trabalho significativo em torno de temas e problemas pode, inclusive, mudar a percepção dos estudantes acerca da matemática. Comumente alvo de medos e fonte de traumas, posto que existe um discurso que a coloca como inatingível e “para poucos” – já que, tradicionalmente, é apresentada como um conjunto de regras a serem memorizadas e testadas pelo professor – ela pode ser ressignificada a partir

do diálogo e da possibilidade de exercício da criatividade por meio da investigação (Skovsmose, 2014; Gutstein, 2006).

O diálogo, inclusive, é parte fundamental do processo, visto que desafia o "absolutismo burocrático" que permeia o ensino tradicional de matemática. De acordo com Alrø e Skovsmose (2021, p. 26), o absolutismo burocrático

> estabelece em termos absolutos o que é certo e o que é errado sem explicitar os critérios que orientam tais decisões. [...] As coisas são do jeito que são por causa das regras e das normas: a pessoa atrás da mesa não pode mudar as regras. [...] o professor de matemática numa aula absolutista está impedido de mudar o fato de que os alunos têm que fazer certos tipos de exercícios e que as fórmulas que eles têm que usar são aquelas escritas no alto da página. O absolutismo burocrático faz parte da vida de muitos estudantes de Matemática.

Uma forma de desafiar esse absolutismo e, consequentemente, o ensino tradicional de matemática, desenvolvendo competências que transcendam a aplicação mecânica dos conteúdos, está, portanto, na organização do ensino de uma forma que se priorize o trabalho com problemas reais. Esses problemas diferem, segundo Frankenstein (1983, p. 115), daqueles presentes nos currículos tradicionais, que "isolam e simplificam aspectos da realidade, de modo a dar aos estudantes a prática de certas técnicas". Em um currículo crítico, o problema é percebido como importante pelos alunos, relacionado às suas experiências e a processos importantes na sociedade, suscitando o engajamento no processo de resolução e, consequentemente, um engajamento político e social posterior (Skovsmose, 2013).

Para que tudo isso ocorra, Frankestein (1983) alerta para atenção que deve ser dada à organização do ensino e aos métodos utilizados nas aulas de matemática. A organização por projetos de trabalho figura-se como estratégia transgressora do ensino tradicional, visto que objetiva uma educação à compreensão e transformação da realidade (Hernández, 1998). Nesse sentido, um projeto tem a função de

> favorecer a criação de estratégias de organização dos conhecimentos escolares em relação a 1) o tratamento da informação, e 2) a relação entre os diferentes conteúdos em torno de problemas ou hipóteses que facilitem aos alunos a construção de seus conhecimentos, a transformação da informação procedente dos diferentes saberes disciplinares em conhecimento próprio (Hernández & Ventura, 2017, p. 59).

O projeto de trabalho é organizado ao redor de um tema e possibilita o desenvolvimento curricular de forma espiralada, em que professores e alunos

trabalham conjuntamente e de maneira comunicativa. Tendo em vista que o projeto se organiza a partir de um tema ou problema, envolve o estudo de sua resolução e a avaliação, Meyer et al. (2023) consideram essa abordagem próxima à da modelagem, bem como à EMC.

## PROJETOS DE TRABALHO E MODELAGEM MATEMÁTICA

A utilização de projetos de trabalho – nos moldes descritos por Hernández e Ventura (2017) e Hernández (1988) – permite não só realizar investigações compostas por diferentes atividades, mas também permite romper com a limitação dos procedimentos rotineiros. Todo projeto tem, como apontam os autores, um nexo condutor que guia os aprendizados dos estudantes. Com base nisso, o que os alunos aprendem deve "[...] partir de conceitos ou ideias-chave [...] que vão além das matérias escolares e que permitem explorá-las para aprender e descobrir relações, interrogar-se sobre os significados das interpretações dos fatos e continuar aprendendo" (Hernández, 1998, p. 26).

O nexo condutor exige do aluno a criação de inter-relações de tal forma que, "[…] na medida em que se vai obtendo informações, se vai analisando, ou seja, buscando torná-la significativa" (Hernández & Ventura, 2017, p. 119). Esse nexo condutor, que remete a um tema ou problema, proporciona a convergência dos conhecimentos estudados e articula as relações possíveis de serem estabelecidas durante o trabalho. Além da organização das atividades, a metodologia empregada também desempenha um papel fundamental na promoção de uma Educação, e em especial uma Educação Matemática, potencializadora, nos moldes descritos por Skovsmose (2014).

Conforme sinalizado anteriormente, a modelagem se aproxima dessa organização, pois de acordo com Bassanezi (2002, p. 15) "[...] para o desenvolvimento de um novo modelo de educação menos alienado e mais comprometido com as realidades dos indivíduos e sociedades, necessitamos lançar mão de instrumentos matemáticos interrelacionados a outras áreas do conhecimento humano". Dessa forma, "não se deve mais assistir aos objetos matemáticos, mas manipulá-los, porque [...] passamos a acreditar na ideia de que o conhecimento não está somente nem no sujeito nem no objeto, mas na sua interação" (Meyer et al., 2023, p. 24).

A modelagem matemática pode ser vista tanto como método científico, quanto uma estratégia de ensino e aprendizagem (Bassanezi, 2002). Neste trabalho, indubitavelmente estamos sob a ótica de estratégia de ensino e aprendizagem, porém, mais do que isso,

> [...] o que queremos com a Modelagem é ensinar Matemática de uma maneira que os alunos, a partir das ações para esse ensino, também criem mecanismos de reflexão e de ação. Portanto, nessa perspectiva não existem mais um currículo neutro, descontextualizado e sem significado nem para o professor nem para o aluno (Meyer et al., 2023, p. 54).

Conforme Bassanezi (2002), podemos caracterizar, de maneira resumida, a modelagem matemática segundo alguns pontos: é um processo dinâmico, utilizado para obter e validar um modelo matemático; o modelo matemático tem a finalidade de fazer previsões de tendências; partimos da realidade para então abstrairmos parte dela, encontrarmos uma solução essencialmente matemática e, por fim, reinterpretamos isso novamente no contexto real; sempre lidamos com aproximações da realidade; e apesar das restrições em seu uso, é adequada se ao menos contribuir para a compreensão do fenômeno analisado.

O processo de modelagem, adaptado do procedimento exposto por Bassanezi (2002) e usado neste trabalho, é composto por 6 passos, sendo o 5º não obrigatório por depender das conclusões feitas no 4º. Os passos são, nesta ordem: Experimentação; Abstração; Resolução; Validação; Modificações; Ampliações. A Figura 1 contém um fluxograma que resume o procedimento. Vale dizer que, além de exemplificar o método adotado para realizarmos as atividades de modelagem, a Figura 1 – salvo adaptações na linguagem usada – compôs parte do material de consulta enviado aos alunos. Além disso, as setas contínuas indicam o caminho obrigatório, enquanto as tracejadas indicam o que deve ou não ser seguido, a depender dos resultados da fase imediatamente anterior.

Meyer et al. (2023, p. 33) defendem tratar a matemática como “[...] regras e convenções que são estabelecidas dentro de determinado contexto social, histórico e cultural, permeado pelas relações de poder, diferentemente daquela vista como descoberta”, implicando na existência de várias matemáticas. Disso, também

depreendemos que a modelagem matemática é condicionada aos processos decisórios tomados pelo indivíduo ou pelo grupo.

É por isso que a Figura 1 está totalmente compreendida dentro dos "processos decisórios", haja vista, é baseada em decisões, escolhas e, como tal, mudam de pessoa para pessoa com base naquilo que consideram mais adequado ou conforme as possibilidades de trabalho. Desse modo, incentivamos que os alunos explicassem todos os processos de tomada de decisão ou conclusões tiradas, porque, às vezes, o que mais nos interessa é avaliar/conhecer esse processo, e não os resultados obtidos.

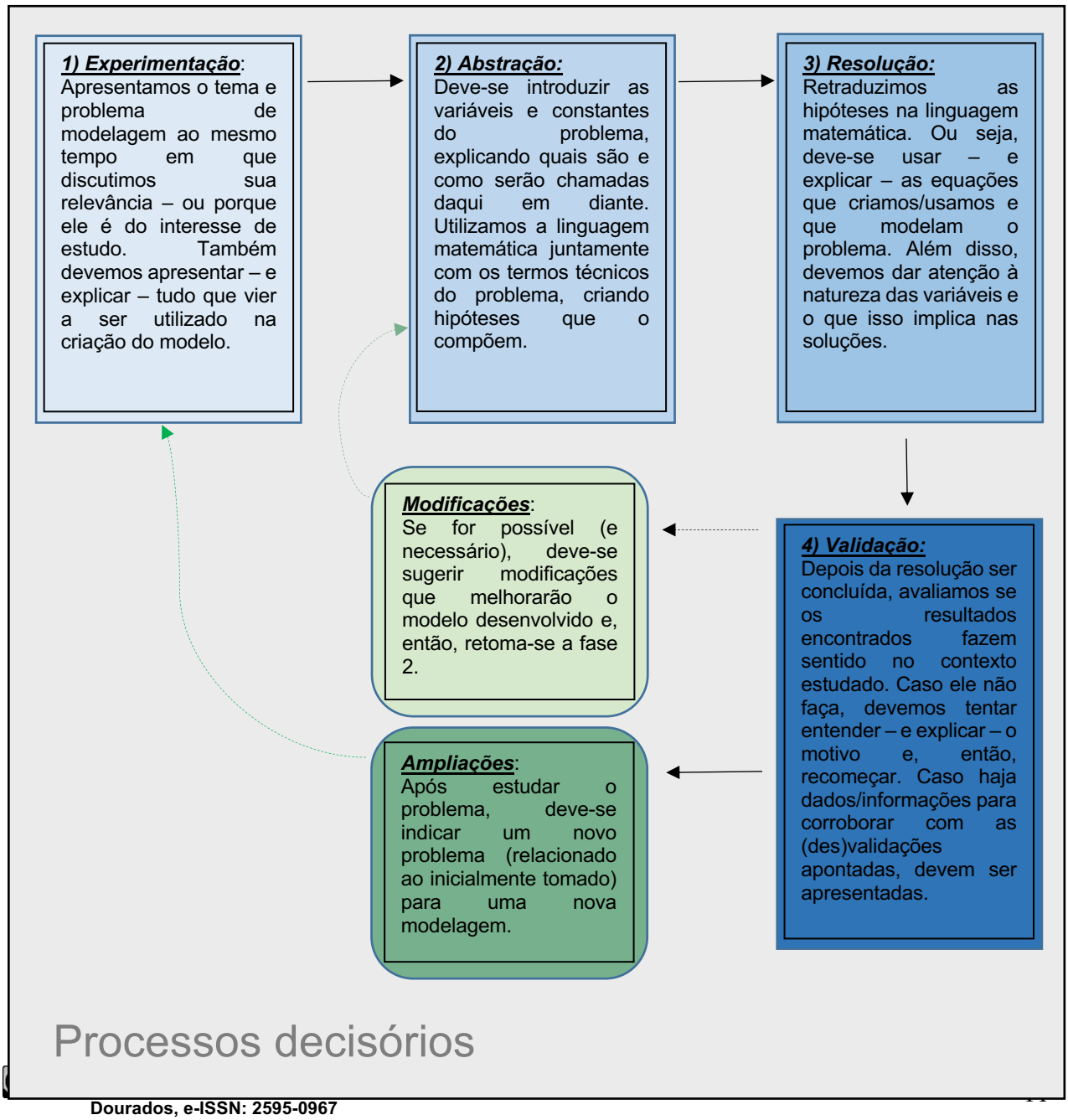

**Figura 1.** Etapas do processo de modelagem

Fonte: adaptado de Bassanezi (2002).

Desse modo, a modelagem matemática utilizada em projetos de trabalho em contextos de EMC pode favorecer a compreensão de problemas e desencadear a leitura e escrita do mundo com a matemática, dadas suas relações, explicitadas por Meyer et al. (2023), Skovsmose e Penteado (2007) e Mesquita, Ceolim e Cibotto (2021).

## PERCURSO METODOLÓGICO

A investigação realizada, de cunho qualitativo e caráter exploratório, teve como objetivo apreender a percepção dos estudantes que participaram de atividades de um projeto de trabalho, intitulado “Projeto Dengue”, acerca da relevância do problema, da estratégia pedagógica utilizada (modelagem matemática), dos aprendizados matemáticos e das habilidades de escrita e leitura do mundo com a matemática. A opção pela pesquisa qualitativa se justifica à medida que se compreende a Educação Matemática como prática social passível de mudanças a partir de elementos que subsidiem uma melhor compreensão desse campo de estudo (Fiorentini & Lorenzato, 2012).

A partir da compreensão da realidade social e dos fenômenos tipicamente humanos, tal conjunto de informação é analisada e interpretada a partir da realidade vivida e partilhada pelos participantes da pesquisa. O estudo é tido como exploratório, pois tem “como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses a serem testadas em estudos posteriores” (Gil, 2019, p. 26).

Os sujeitos da pesquisa foram os 25 alunos de uma turma de terceiro ano do ensino médio integrado de uma instituição federal de ensino no interior de Minas Gerais. Apesar de contarmos com 25 alunos, apenas 15 participaram da produção de dados, visto que o questionário utilizado como instrumento da investigação era facultativo aos estudantes, que foram convidados a avaliar a sua participação e o desenvolvimento do projeto ao final de sua execução. A pesquisa foi aprovada pelo

Comitê de Ética e Pesquisa com Seres Humanos (CEPH) e está registrada com o Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) número 23223.000718/2024-62. De acordo com a proposta aprovada pelo CEPH, os participantes poderiam se recusar ou se retirar da pesquisa a qualquer momento, podendo ser essa uma hipótese que justifique a falta de respostas de alguns estudantes.

O questionário foi aplicado de maneira *online*, por meio da ferramenta *Google Forms* e contava com perguntas abertas e fechadas. Tal instrumento foi escolhido devido a possibilidade de se abranger diversos sujeitos, garantir o anonimato das respostas, poder ser respondido em momento posterior às atividades, sem influência dos pesquisadores (Gil, 2019). Os estudantes foram identificados, nos excertos de suas falas, com o código E1, E2, etc.

Em posse das respostas dos alunos, que compuseram o corpus da análise, elas foram submetidas à análise de conteúdo temática (Bardin, 2016). O objetivo dessa análise foi o de realizar inferências que pudessem responder ao problema de pesquisa e auxiliar na consecução dos objetivos da mesma. As etapas realizadas consistiram em uma pré-análise, em que o material foi tabulado e organizado segundo algumas hipóteses e categorias iniciais que deram suporte à análise final. Por meio de uma leitura imersiva, buscamos encontrar elementos que subsidiassem a compreensão do desenvolvimento das capacidades de leitura e escrita do mundo com a matemática, assim como a percepção dos estudantes acerca dos aprendizados matemáticos e da estratégia pedagógica utilizada.

As categorias, definidas *a priori,* foram obtidas por meio do referencial teórico e objetivos de pesquisa, sendo elas: conhecimentos matemáticos mobilizados durante o projeto; experiências de aprendizado da matemática durante o projeto; leitura e escrita do mundo com a matemática; papel da modelagem matemática. Cientes de que todo trabalho possui suas limitações, agrupamos as sugestões e críticas dos estudantes em uma categoria que possa subsidiar estudos e aprimoramentos futuros.

Para conhecimento do leitor, na tabela a seguir apresentamos as atividades realizadas durante o “Projeto Dengue”, bem como os conteúdos mobilizados durante as atividades:

**Tabela 1**

Atividades realizadas durante o projeto de trabalho.

| Fase da modelagem | Atividades desenvolvidas | Conteúdos mobilizados |
|---|---|---|
| Experimentação | - Pesquisa Inicial | Características biológicas e implicações sociais acerca do mosquito *Aedes aegypti* e das doenças a ele associadas |
| Abstração | - Simplificação do problema de modelagem | Ciclo de vida do mosquito *Aedes aegypti* |
| | - Delimitação de hipóteses que compõem o problema de modelagem | Conceito de variável, incógnita e constante |
| | - Determinação de constantes e variáveis que afetam o problema | |
| Resolução | - Montagem do sistema de equações que descrevem as hipóteses levantadas | Ciclo de vida do mosquito *Aedes aegypti* |
| | | Sistema de equações |
| | - Determinação dos pontos de equilíbrio de equações | Resolução de sistemas homogêneos |
| Validação e ampliações | - Variações dos parâmetros conforme variação da temperatura e recálculo dos pontos de equilíbrio | Ciclo de vida do mosquito *Aedes aegypti* |
| | | Resolução de equações para cálculo das taxas de variação populacional e novos pontos de equilíbrio |
| | - Determinação das taxas de variação populacional durante 7 dias | |
| Modificações | - Retomada das fases 2, 3 e 4 do processo de modelagem | Todos os conteúdos mobilizados nas fases 2, 3 e 4 do processo de modelagem |

Fonte: Elaborado pelos autores

As atividades contaram com a participação de 25 estudantes e ocorreram durante 5 encontros de 3 horas/aula cada, em trios mantidos no decorrer das aulas e tomando o *Aedes aegypti* e sua dinâmica populacional como o tema e problema de modelagem. A pesquisa inicial foi realizada com o intuito de levar os alunos a conhecerem e perceberem a importância do problema, abrangendo: ciclo de vida do mosquito; dimorfismo sexual; doenças a ele associadas e suas principais características; e algumas características sociais e geográficas da doença. Estas informações foram discutidas e selecionadas junto aos estudantes, por meio da socialização dos resultados, direcionando a discussão para o controle do vetor como métodos mais eficaz de combate à doença, introduzindo o estudo da dinâmica populacional. Durante

a fase de abstração foram realizadas simplificações que condissessem com os conteúdos da educação básica e tornassem o problema mais simples, sendo consideradas apenas duas fases do ciclo de vida do mosquito (aquática e adulta). O modelo criado conjuntamente com os estudantes foi inspirado no trabalho de Silva (2022), resultando em um sistema homogêneo. A discussão detalhada dessa fase é alvo de outro trabalho dos autores, não sendo explorada neste momento deste artigo.

Durante o terceiro encontro os estudantes socializaram os resultados obtidos com a manipulação do modelo para a explicação da dinâmica populacional do mosquito, propondo modificações à luz das limitações do modelo inicial – atividade repetida algumas vezes, conforme as fases descritas anteriormente. Essas atividades foram desenvolvidas de maneira colaborativa por toda a turma, ao mesmo tempo em que cada grupo desenvolvia sua própria atividade de modelagem, apresentando semanalmente um novo passo concluído. Desse modo, os professores puderam orientar os processos de modelagem. No segundo encontro, os alunos tiveram de apresentar aos docentes um tema e problema de modelagem, sua relevância e a motivação pessoal, social ou ambiental associada à modelagem que o grupo se propôs a realizar, compreendendo a fase de experimentação.

No terceiro encontro, apresentaram as variáveis e constantes do problema, bem como um modelo prévio que descreve a situação em estudo, os valores numéricos dos parâmetros a serem utilizados e o início da resolução do modelo, ou seja, as fases de abstração e o início da fase de resolução. Assim, o quarto e quinto encontros ficaram dedicados à entrega do relatório final - que conteve o registro escrito de todos os passos da modelagem feita pelo grupo, as decisões tomadas e suas justificativas – e apresentação de todo o processo de modelagem à turma, desde a experimentação até a conclusão e sugestões de melhorias (caso necessário) e ampliações.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação à primeira categoria, conhecimentos matemáticos mobilizados durante o projeto, identificamos que a maioria dos estudantes (12) foram capazes de discernir os conhecimentos utilizados, citando conhecimentos gerais (3) e conhecimentos algébricos e aritméticos (9). Um estudante comentou de maneira genérica que utilizou

conhecimentos avançados e outro indicou “modelagem”, enquanto um estudante disse não ter mobilizado nenhum conhecimento.

O estudante E8 afirma que, dentre os conhecimentos tidos como gerais, foram mobilizados “Conhecimentos matemáticos, científicos e geográficos”. Os conhecimentos algébricos e aritméticos identificados pelos estudantes incluem: contas; formulação de equações; análise de dados; resolução de equações; cálculo das taxas e variáveis; sistemas lineares; funções e gráficos.

Além desses conteúdos, a maioria dos estudantes (12) indicou que a pesquisa inicial teve algum grau de importância para a realização do projeto, visto que o tema era interdisciplinar, enquanto três disseram que não a consideraram importante, seja por gerar confusão (E15), ou “porque raramente a matemática avançada se aplica no dia a dia” (E2).

De acordo com E5, “A pesquisa inicial foi fundamental para o entendimento integral deste projeto, principalmente na estruturação matemática e interpretação dos resultados no âmbito matemático e biológico”. Apesar de não lidar diretamente com dados matemáticos, os estudantes sinalizaram à importância que o conhecimento acerca do mosquito da dengue trouxe para se compreender a dinâmica populacional do inseto. Esse fato foi visto com surpresa por E3, que relata que “[Eu] não sabia que a matemática tinha essa proporção e ajudou a saber mais do assunto”. O estudante E6 corrobora com essa visão, apontando que “a pesquisa inicial foi muito importante para entender como o mosquito age e dessa maneira entender os pontos que influenciam diretamente na dinâmica populacional”, enquanto E14 afirma que “com a pesquisa pude ampliar áreas do meu conhecimento e descobrir novas coisas”. Essa percepção dos estudantes vai ao encontro do preconizado por Hernández e Ventura (2017) a respeito do trabalho com projetos e a possibilidade de interrelação entre conteúdos e informações.

Em relação às experiências de aprendizado da matemática durante o projeto, 12 alunos indicaram que, de alguma forma, a experiência produziu resultados positivos. Esses estudantes ressaltaram que, por meio da modelagem, puderam perceber novas formas de aplicação do conteúdo, além de ser uma estratégia diferente e interessante, embora complexa. Os excertos a seguir exemplificam essas percepções:

> Foi bem legal pq (sic) a matemática tem em tudo e eu não fazia ideia disso (sic) principalmente a modelagem (E3).
>
> Muito boas, elas se diferem na demonstração do contexto a qual podem ser aplicadas (E5).
>
> foi (sic) bem legal, de fato é uma forma diferente e mais tranquila de se entender, porém ficou meio "confuso" e complexo, já que são muitos pontos a serem vistos e citados (E6).
>
> Quando vi a explicação na sala de aula confesso que me assustei pela complexidade da matéria, mas, quando tive que estudar para criar a modelagem se tornou fácil, e pude ver a experiencia (sic) de analisar dados, pensar em contas matemáticas e ter também um olhar de formas para ajudar o nosso país (E14).

É interessante notar que dois estudantes relataram alguma dificuldade ou uma experiência insatisfatória, como expresso a seguir:

> nao (sic) tive muito aprendizado por não ter compreendido muito bem o trabalho e como ser efetuado (E12).
>
> Sendo sincera, eu não consegui entender muito. Minhas outras experiências geralmente são melhores, porque as outras coisas que aprendemos dentro da matéria, são mais “exata” (E8).

A afirmação de E12 indica que a estratégia pedagógica não foi compreendida por todos os estudantes, resultando em um aproveitamento menor das aulas. A fala de E8 sinaliza para o absolutismo burocrático presente na maior parte das aulas de matemática e o desconforto dos estudantes em trabalhar com a incerteza gerada pela manipulação de conteúdos matemáticos para descrever situações reais, assim como o trabalho e re-trabalho exigido em muitos casos.

Adentrando as categorias de leitura e escrita do mundo com a matemática e o papel da modelagem para tal, 14 estudantes sinalizaram que abordar problemas sociais da comunidade é relevante, enquanto 1 estudante considera isso como “pouco relevante”. Para 11 desses estudantes, abordar esses assuntos, como o tema do projeto, torna o aprendizado mais cativante e estimulante, em oposição a 4 que apresentaram uma percepção oposta.

Apesar da relevância, 5 estudantes não se consideram aptos a compreender ou atuar sobre os problemas utilizando a matemática. Dentre os que responderam positivamente, a leitura e a escrita do mundo com a matemática foram potencializadas

pela modelagem matemática. Sendo assim, na tabela a seguir apresentamos, de maneira sintética, os excertos que salientam essa percepção:

**Tabela 2**

Papel da modelagem na leitura e escrita do mundo com a matemática.

| | |
|---|---|
| Leitura do mundo com a matemática | Acho legal para termos noção de números e para evitar possíveis futuros problemas (E1) |
| | Muito útil na análise de um problema e na reflexão sobre possíveis resoluções (E5) |
| | faz (sic) melhor entendimento do tema e dessa forma é mais prático de desenvolver soluções, já que quando estamos visualizando diretamente quando um problema ataca, conseguimos atacar diretamente o alvo (E6) |
| | Acho que a mesma tem uma função importante, já que com os dados contidos na mesma, podemos ter noção do tamanho do problema (E8) |
| | ela [a modelagem] nos mostra dados de problemas presentes na sociedade (E13) |
| | A modelagem é capaz de resolver não apenas problemas matemáticos, mas auxiliar em problemas mais complexos, como: desafios socioeconomicos (sic), proliferção (sic) de doenças… (E14) |
| | Como (sic) não compreendi muito bem, porém pelas explicações ela consegue ajudar em muitos problemas (E15) |
| Escrita do mundo com a matemática | Depende, mais (sic) acho que sim, pq (sic) a matemática é a base de tudo (E3) |
| | acho que sim, porém teria problemas para a conclusão (E4) |
| | por meio da modelagem, novas resoluções de um problema podem ser pensadas (E5) |
| | se utilizada de forma correto (sic), pode te ajudar a administrar seu dinheiro, recursos e ter expectativas de diversas outras coisas (E9) |
| | Com toda certeza, as modelagens matemáticas são utilizadas para fazer análises de tudo, assim como o exemplo na sala de aula, que foi da dengue, sem sombra de dúvidas o município precisa fazer algo assim para controlar os casos, a fim de garantir nossa segurança (E14) |
| Mudança de percepção da matemática | Cara é muito legal de verdade mesmo, é (sic) gostei muito do tema q (sic) eu fiz pq (sic) confesso q (sic) eu não sabia de nada sobre isso, e isso nao (sic) é apenas um trabalho de modelagem, é um conhecimento mt (sic) importante (E3) |
| | De certa forma, isso me abriu uma visão mais crítica sobre poder usar a matemática em novas áreas (E9) |

| | |
|---|---|
| | Sim, esse projeto me deu muita confiança, porque achei que não conseguiria realiza-lo (sic), então quando finalmente entendi, se tornou claro para mim e se preciso faria novos outros modelos (E14) |

Fonte: Elaborado pelos autores

Na tabela apresentada desconsideramos respostas curtas que apenas sinalizavam “sim” para o papel da modelagem na compreensão e resolução de problemas utilizando a matemática. Embora a leitura do mundo se sobressaia, é interessante observar as possibilidades de escrita do mundo com a matemática e a utilização da modelagem apontada pelos estudantes, como a administração de recursos e das próprias finanças, até a sugestão de corresponsabilização com o poder público para tratar de questões que afetam a cidade. Dada a experiência com o modelo utilizado para a dengue, E4 aponta para uma incerteza, sobretudo ao extrair conclusões – um sentimento natural, visto que foi a primeira experiência dos estudantes. A mudança de percepção da matemática também foi interessante, dado que os estudantes indicaram o papel da matemática em diferentes áreas do conhecimento, atribuindo importância a ela, à modelagem e adquirindo confiança para manipular essa ferramenta e esses conhecimentos.

Em contrapartida, dois estudantes disseram que raramente utilizariam a modelagem em suas vidas (E2), considerando-a muito difícil (E12). E2 ainda disse que, por se restringir às aplicações específicas, seria difícil ver a realidade afetada pelos modelos estudados e construídos. A incerteza quanto à escrita do mundo foi manifestada por outros dois estudantes (E8 e E10). Questionados sobre a capacidade de atuar sobre novos problemas após a realização do projeto, cinco estudantes disseram não se sentirem capazes de atuar sobre eles utilizando os conhecimentos matemáticos.

Além desses apontamentos, os estudantes sinalizaram para algumas limitações do projeto que podem ser aperfeiçoadas em estudos e planejamentos futuros, como: utilizar um tema menos complexo (E1 e E2), as dificuldades de trabalhar com a modelagem (E1), o excesso de conteúdos (E7), mais tempo para a realização do trabalho (E9, E12 e E13), maior participação dos estudantes (E6). Os demais estudantes não apresentaram críticas, elogiando a atuação do licenciando e

apontando a validade da estratégia para ampliar a visão de aplicação da matemática (E4 e E5).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Organizar projetos de trabalho em contexto de educação matemática crítica, tendo como estratégia metodológica a modelagem matemática, traz desafios para os professores da educação básica, sobretudo para aqueles que atuam no Ensino Médio. Perscrutar a percepção dos estudantes desse nível de ensino foi crucial para melhor compreensão das potencialidades e limitações de novas formas de organização do ensino da matemática, principalmente quando se almeja desafiar o ensino tradicional e as amarras impostas pelos currículos padronizados.

A relevância do problema, oriundo do contexto real dos estudantes, foi pouco questionada, embora alguns estudantes apresentassem dificuldade de compreender as contribuições para a sua formação geral, haja vistas estarem no último ano do ensino médio e com outras aspirações acadêmicas – seja por motivações pessoais e relação com o tema, seja porque não seria “cobrado” nos exames vestibulares. É possível perceber que, mesmo quando se trabalha o conteúdo em um contexto diferenciado das aulas expositivas tradicionais, alguns estudantes não o sentem como de fato trabalhado (muito embora sejam capazes de reconhecê-lo e aplicá-lo nas atividades).

Embora as experiências de aprendizado da matemática tenham sido, no geral, positivas, aqueles que as consideraram insatisfatória fazem referência que modo de ensino mais “exato”, portanto, tradicional, lhes agradam mais. Isso reforça a ideia apontada por Skovsmose (2014), em que o ensino deve se organizado de forma a transitar por diversos ambientes de aprendizagem, como os exercícios e as investigações (sejam sobre matemática pura, semirrealidades ou realidade). Desse modo, conseguiremos, enquanto docentes, atender às necessidades da maior parte dos estudantes.

Por ser algo novo, a modelagem foi bem recebida pelos estudantes e potencializou as habilidades de leitura e escrita do mundo com a matemática: a pesquisa inicial e o

trabalho coletivo foram relevantes para que compreendessem a problemática do projeto e pudessem extrapolá-la para outros temas de sua escolha. A capacidade de atuação sobre os problemas ainda gera incertezas, mas a mudança de percepção em relação à matemática pode ser um caminho positivo que os leve a adquirir uma maior confiança em suas capacidades. Salientamos que podemos considerar como escrita do mundo com a matemática a cobrança da (co)responsabilidade poder público, visto que para que isso aconteça é necessária uma visão crítica do que se passa fora da sala de aula – algo destacado pelos estudantes.

Finalmente, é de suma importância que tais atividades sejam desenvolvidas o quanto antes com os alunos. O terceiro ano do Ensino Médio pode ser uma etapa de resistências à adesão de trabalhos dessa natureza, visto que há outras demandas e aspirações em jogo. Quanto mais cedo houver o contato com contexto de aprendizado que diferem do padrão tradicional, mais natural esse trabalho pode se tornar, ampliando a própria percepção acerca de sua formação escolar.

## REFERÊNCIAS

Alrø, H., & Skovsmose, O. (2021). *Diálogo e aprendizagem em educação matemática* (3a ed.). Belo Horizonte: Autêntica.

Apple, M. W. (2006). *Ideologia e currículo* (3ª ed.). Porto Alegre: Artmed.

Bardin, L. (2016). *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70.

Bassanezi, R. C. (2002). *Ensino-aprendizagem com modelagem matemática*. São Paulo: Contexto.

Frankenstein, M. (1983). Educação matemática crítica: uma aplicação da epistemologia de Paulo Freire. In M. A. V. Bicudo (Org.). *Educação matemática*. São Paulo: Editora Moraes.

Fiorentini, D., & Lorenzato, S. (2012). *Investigação em educação matemática: percursos teóricos e metodológicos* (3ª ed.). Campinas: Autores Associados.

Gil, A. C. (2019). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. (7ª ed.). São Paulo: Atlas.

Gutstein, E. (2006). *Reading and writing the world with mathematics: toward a pedagogy for social justice.* New York: Routledge.

Hernández, F. (1998). *Transgressão e mudança na educação: os projetos de trabalho* (1a ed.). Porto Alegre: Artmed.

Hernández, F., & Ventura, M. (2017). *A organização do currículo por projetos de trabalho: o conhecimento é um caleidoscópio* (5a ed.). Porto Alegre: Penso.

Mesquita, M. N., Ceolim, A. J., & Cibotto, R. A. G. (2021). Modelagem matemática na perspectiva da educação matemática crítica: abordagens na educação básica. *Revista Brasileira de Educação*, *26*, 1-25. Recuperado de: https://www.scielo.br/j/rbedu/a/GvFSN5LXHMMHB5dkxkRW6dJ/?lang=pt

Meyer, J. F. C., Caldeira, A. D., & Malheiro, A. P. S. (2023). *Modelagem em educação matemática* (4a ed.). Belo Horizonte: Autêntica.

SILVA, M. R. (2022). Modelagem de técnicas de controle populacional do mosquito Aedes aegypti (Tese de doutorado). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, JF, Brasil. Recuperado de: https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/14356.

Skovsmose, O. (2007). *Educação crítica: incerteza, matemática, responsabilidade.* São Paulo: Cortez.

Skovsmose, O. (2008). *Desafios da reflexão em educação matemática crítica*. Campinas: Papirus.

Skovsmose, O. (2013). *Educação matemática crítica: a questão da democracia* (4a ed.). Campinas: Papirus.

Skovsmose, O. (2014). *Um convite à educação matemática crítica.* Campinas: Papirus.

Skovsmose, O., & Penteado, M. G. (2007). Trabalho com projetos na educação matemática. Sociedade Brasileira de Educação Matemática – SBEM. Recuperado de: CC23238451871T.doc.