



Ensaio de despoluição de corpo hídrico com aplicação de Modelagem Matemática no Ensino Médio

Depollution Study of a Water Body Using Mathematical Modeling in High School Education

ROSELY MOREIRA SILVA VIEIRA¹

FLAVIANA PAULA MEDEIROS E OLIVEIRA (ORIENTADORA)²

RESUMO

Este artigo apresenta uma experiência didática baseada na Modelagem Matemática como estratégia pedagógica para a compreensão do processo de despoluição do Rio dos Frades, situado em Guaratinga, Bahia. O objetivo da pesquisa foi analisar como a modelagem matemática, articulada à abordagem interdisciplinar entre Matemática e Biologia, pode favorecer a compreensão dos processos de purificação da água e o desenvolvimento do raciocínio matemático. A investigação, de natureza qualitativa e exploratória, foi desenvolvida com estudantes do 3º ano do ensino médio do Colégio Municipal Jesus Moura. A partir da problemática ambiental identificada no rio, os alunos foram desafiados a construir um modelo matemático para simular a redução da concentração de poluentes ao longo do tempo, utilizando conceitos de porcentagem, razão e proporção. Para validar o modelo teórico, realizou-se uma simulação experimental, permitindo que os estudantes observassem a evolução da qualidade da água em diferentes ciclos de despoluição. A análise dos dados foi fundamentada nas contribuições de Alves (2009), Perlin (2023) e Ferreira e Wodewotzki (2005), autores que discutem a modelagem matemática como prática pedagógica interdisciplinar. Os dados foram examinados por meio de observação participante, registros fotográficos, tabelas de cálculos e um questionário avaliativo. Os resultados indicam que a modelagem matemática contribuiu significativamente para a compreensão dos processos de purificação da água, promovendo uma aprendizagem contextualizada e interdisciplinar, além de estimular a consciência ambiental dos estudantes.

Palavras-chave: Modelagem Matemática; Poluição Hídrica; Ensino de Matemática; Educação Ambiental; Ensino Interdisciplinar.

ABSTRACT

This article presents a didactic experience based on Mathematical Modeling as a pedagogical strategy to understand the depollution process of the Rio dos Frades, located in Guaratinga, Bahia, Brazil. The objective of the research was to analyze how mathematical modeling, integrated with an interdisciplinary approach between Mathematics and Biology, can enhance the understanding of water purification processes and the development of mathematical reasoning. The qualitative and exploratory research was carried out with students from the 3rd year of high school at Colégio Municipal Jesus Moura. Based on the environmental issues identified in the river, the students were challenged to build a mathematical model to simulate the reduction of pollutant concentration over

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – IFBA – Rosely_trabalhando@yahoo.com.br

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – IFBA – flaviana.oliveira@ifba.edu.br

time, using concepts of percentage, ratio, and proportion. To validate the theoretical model, an experimental simulation was conducted, allowing students to observe the evolution of water quality across different depollution cycles. Data analysis was grounded in the contributions of Alves (2009), Perlin (2023), and Ferreira & Wodewotzki (2005), authors who discuss mathematical modeling as an interdisciplinary pedagogical practice. The data were examined through participant observation, photographic records, calculation tables, and an evaluative questionnaire. The results indicate that mathematical modeling significantly contributed to understanding the water purification processes, promoting contextualized and interdisciplinary learning, and fostering students' environmental awareness.

Keywords: *Mathematical Modeling; Water Pollution; Mathematics Education; Environmental Education; Interdisciplinary Teaching.*

1. INTRODUÇÃO

Guaratinga, município localizado no extremo sul do estado da Bahia, integra a microrregião de Porto Seguro e situa-se a aproximadamente 730 km da capital Salvador. Com uma economia baseada principalmente na agropecuária e no comércio local, a cidade enfrenta desafios relacionados à gestão de resíduos sólidos e à preservação ambiental. Nesse contexto, observou-se uma situação preocupante: o modo como a população descarta o lixo produzido em residências, estabelecimentos comerciais e instituições públicas e hospitalares.

Diante dessa realidade, estudantes do Colégio Estadual Jésus Moura, em parceria com professores, a coordenadora pedagógica e a equipe gestora, realizaram uma ação educativa no Dia da Água, em 19 de março de 2024, com o objetivo de documentar as práticas de descarte de resíduos na comunidade. Durante a atividade, os alunos visitaram diferentes pontos da cidade, entrevistaram moradores, analisaram as condições do lixão a céu aberto e investigaram a situação do Rio dos Frades, curso d'água que atravessa Guaratinga e serve como fonte de captação para o abastecimento local.

A ação revelou o interesse dos estudantes em buscar soluções para a problemática ambiental identificada, especialmente no entorno do Rio dos Frades, onde foram encontrados materiais não recicláveis, matéria orgânica em decomposição e outros resíduos. Relatos de moradores antigos indicaram que, no passado, o rio sustentava atividades como pesca, banho e abastecimento doméstico. Atualmente, porém, suas águas apresentam elevado nível de poluição e turbidez. As observações deram origem a questionamentos mobilizadores: o que poderia ser feito para despoluir o rio? Seria possível alcançar a completa despoluição? Como se daria esse processo ao longo do tempo? Tais indagações conduziram à formulação de uma situação-problema suscetível de ser explorada matematicamente. A partir dela, elaborou-se uma sequência didática que utilizou a

Modelagem Matemática para simular o processo de despoluição do rio, possibilitando que os estudantes manipulassem dados e informações de modo prático.

O objetivo geral da pesquisa foi analisar como a Modelagem Matemática, integrada a uma abordagem interdisciplinar entre Matemática e Biologia, poderia favorecer a compreensão dos processos de purificação da água e o desenvolvimento do raciocínio matemático. Buscou-se também reconhecer aplicações de relações matemáticas em situações reais; proporcionar experiências de resolução de problemas envolvendo porcentagens, razões e proporções; resolver problemas com variação proporcional direta e inversa entre grandezas; buscar soluções alternativas e ecológicas para a situação-problema; desenvolver competências relacionadas à conversão de unidades de medida e à interpretação crítica de dados; e estimular o diálogo, a cooperação e o respeito à diversidade de saberes e culturas presentes na comunidade escolar.

A sequência didática, elaborada de forma interdisciplinar, contemplou nas aulas de Matemática e Biologia o desenvolvimento de modelos matemáticos de despoluição do rio. Os estudantes puderam compreender e utilizar diferentes registros de representação matemática para solucionar problemas e comunicar resultados, exercitaram a empatia e a cooperação, e analisaram transformações em sistemas ambientais, priorizando o desenvolvimento sustentável e o uso consciente dos recursos naturais. Uma simulação experimental foi desenvolvida, possibilitando aos alunos vivenciar as transformações ocorridas ao longo do processo de despoluição modelado. Os conteúdos matemáticos abordados incluíram porcentagem, proporção e razão. Na disciplina de Biologia, exploraram-se conceitos relacionados à poluição hídrica, à dinâmica populacional e à elaboração de mapas conceituais.

Para fundamentar a elaboração da sequência didática e a análise dos resultados, este estudo apoiou-se em autores que discutem a Modelagem Matemática como prática pedagógica interdisciplinar. Alves (2009) contribuiu com reflexões sobre o potencial da modelagem para a resolução de problemas reais e o desenvolvimento do raciocínio matemático. Ferreira e Wodewotzki (2005) e Penereiro e Ferreira (2012) subsidiaram a integração entre conceitos matemáticos e fenômenos ambientais. As proposições de Perlin (2023) e Salvador e Vasconcelos Arenales (2023) ampliaram o debate sobre interdisciplinaridade na educação básica, especialmente na articulação entre Matemática e Biologia em contextos socioambientais. Esses referenciais foram fundamentais tanto para a elaboração da sequência didática quanto para a interpretação dos dados obtidos.

2. REVISÃO DE LITERATURA: DISCUSSÕES TEÓRICAS SOBRE A MODELAGEM MATEMÁTICA E A ABORDAGEM DE PROBLEMAS AMBIENTAIS

A poluição dos recursos hídricos é um problema ambiental de grande relevância, agravado pelo despejo inadequado de resíduos e pela falta de políticas eficazes de gestão ambiental. Nesse contexto, a modelagem matemática tem sido utilizada como uma ferramenta fundamental para a análise e mitigação dos impactos da contaminação dos rios. Diversos estudos demonstram como essa abordagem contribui para a compreensão da dinâmica da poluição, possibilitando a formulação de estratégias de recuperação ambiental.

A modelagem matemática, nesse sentido, pode ser compreendida como um processo investigativo que parte de situações concretas, constrói representações matemáticas desses fenômenos e retorna ao contexto real com o objetivo de interpretar, validar e transformar a realidade analisada. Segundo Salvador e Vasconcelos Arenales (2023), a modelagem ambiental visa simular os impactos causados pelas atividades humanas sobre os ecossistemas, permitindo a previsão de cenários e o planejamento de intervenções sustentáveis. Na prática educativa, esse processo se desdobra em etapas que incluem a escolha de um problema significativo, a coleta e organização de dados, a formulação de equações ou modelos estatísticos, a simulação computacional e, por fim, a análise crítica dos resultados (Alves, 2009; Cunha; Ferreira, 2006). No campo da Educação Matemática, a modelagem tem se consolidado como uma tendência didática capaz de articular conhecimentos científicos e sociais, promovendo o desenvolvimento do pensamento crítico.

Ao abordar temas ambientais de forma contextualizada, a modelagem favorece o diálogo entre matemática, ciência e sociedade. Ferreira e Wodewotzki (2005), por exemplo, demonstram como atividades de modelagem envolvendo a poluição hídrica mobilizam os estudantes a compreender não apenas conteúdos matemáticos, mas também as implicações ambientais e éticas das ações humanas. Essa abordagem dialógica é central na perspectiva da educação ambiental crítica, como apontam Costa e Pontarolo (2019), ao destacarem que a modelagem, além de representar fenômenos, também problematiza e propõe alternativas de enfrentamento aos problemas reais. Estudos mais recentes também têm demonstrado a potência da modelagem para analisar fenômenos específicos, como o crescimento populacional de espécies invasoras, o volume de vazão dos rios ou os efeitos do despejo de resíduos orgânicos (Perlin, 2023; Penereiro; Ferreira, 2012). Assim, a modelagem matemática se consolida como uma prática educativa e investigativa que integra ciência, tecnologia, matemática e compromisso socioambiental.

A pesquisa de Cunha e Ferreira (2006) destaca a aplicação da modelagem matemática na avaliação da qualidade da água em rios impactados por despejos orgânicos. Através da utilização do modelo OD-DBO (Oxigênio Dissolvido e Demanda Bioquímica de Oxigênio), os autores

analisaram a influência dos efluentes sanitários nas condições ambientais dos corpos d'água, evidenciando como esse tipo de contaminação compromete a biodiversidade e a potabilidade da água. Essa abordagem permite prever cenários e avaliar a efetividade de medidas de controle da poluição.

No ensino fundamental, a modelagem matemática também tem sido empregada como estratégia didática para sensibilizar os alunos sobre as questões ambientais. Costa e Pontarolo (2019) exploram como a educação ambiental crítica, aliada à modelagem matemática, pode proporcionar reflexões mais aprofundadas sobre os impactos da ação humana nos ecossistemas hídricos. A pesquisa aponta que, ao trabalharem com modelagens relacionadas à poluição dos rios, os estudantes desenvolvem habilidades matemáticas ao mesmo tempo em que constroem uma consciência socioambiental mais crítica.

Outros estudos reforçam essa relação entre modelagem e educação ambiental. Ferreira e Wodewotzki (2005) relatam uma experiência com alunos do ensino médio, na qual a modelagem matemática foi utilizada para simular o impacto da poluição em um rio local. Os resultados demonstraram que essa metodologia contribui para o desenvolvimento de uma aprendizagem mais significativa, uma vez que os estudantes passaram a compreender a relação entre variáveis ambientais, como volume de água, concentração de poluentes e tempo de degradação dos resíduos.

Além do ensino, a modelagem matemática é amplamente aplicada para monitoramento e controle da poluição hídrica. Salvador e Vasconcelos Arenales (2023) analisam diferentes formas de contaminação dos rios, como despejo de efluentes industriais e assoreamento, e destacam a importância do uso de simulações computacionais para prever a dispersão de poluentes. Segundo os autores, a modelagem permite que gestores ambientais tomem decisões mais precisas sobre intervenções e políticas de recuperação de bacias hidrográficas.

A modelagem matemática também tem sido aplicada no estudo de fenômenos naturais que impactam os recursos hídricos. Penereiro e Ferreira (2012) investigaram a relação entre precipitação pluviométrica e vazão dos rios, utilizando modelos matemáticos para prever o impacto das chuvas na capacidade de diluição dos poluentes. Os resultados indicam que, em períodos de estiagem, a baixa vazão pode agravar os efeitos da poluição, tornando o tratamento da água ainda mais desafiador.

Outro aspecto relevante abordado na literatura é o impacto da expansão populacional na qualidade da água dos rios. Perlin (2023) estudou a relação entre o crescimento de populações de espécies invasoras e o equilíbrio ecológico dos rios, utilizando modelagem matemática para prever possíveis consequências ambientais. Embora o foco do estudo seja a fauna aquática, a metodologia

pode ser adaptada para a análise de impactos causados por atividades humanas, como o descarte de resíduos e o uso inadequado dos recursos hídricos.

Por fim, a modelagem matemática tem se mostrado eficaz na análise da dispersão de materiais poluentes em cursos d'água. Alves (2009) utilizou simulações computacionais para prever a trajetória de manchas de poluição na superfície de um rio, possibilitando a identificação de áreas mais vulneráveis à contaminação. Esse tipo de abordagem é essencial para orientar políticas públicas e estratégias de mitigação dos danos ambientais causados pelo despejo de resíduos.

A partir da revisão da literatura, percebe-se que a modelagem matemática tem um papel fundamental tanto no ensino quanto na gestão ambiental, fornecendo ferramentas para a compreensão e o enfrentamento da poluição dos rios. Seja na previsão da dispersão de poluentes, no monitoramento da qualidade da água ou na educação ambiental, essa abordagem contribui significativamente para a conscientização e a busca por soluções sustentáveis.

Para a elaboração da sequência didática apresentada, foram especialmente adotadas as contribuições de Alves (2009), que orienta o uso da Modelagem Matemática como estratégia de ensino voltada à resolução de problemas reais, e de Ferreira e Wodewotzki (2005), cujas propostas enfatizam a construção de modelos matemáticos aplicados a situações do cotidiano, promovendo a aprendizagem significativa. Além disso, as ideias de Penereiro e Ferreira (2012) foram incorporadas para articular conceitos matemáticos com fenômenos ambientais, enquanto as abordagens de Perlin (2023) e Salvador e Vasconcelos Arenales (2023) ofereceram fundamentos para integrar conteúdos de Matemática e Biologia em uma perspectiva interdisciplinar e socioambiental. Esses referenciais foram determinantes tanto para o planejamento das atividades quanto para o desenvolvimento das estratégias didáticas implementadas ao longo do trabalho.

Considerando que uma revisão de literatura não apenas apresenta teorias, mas também sistematiza dados já existentes que possam orientar a análise empírica, foi desenvolvido um quadro com descritores de aprendizagem relacionados ao uso da Modelagem Matemática em contextos educativos interdisciplinares. Esses descritores foram elaborados a partir das contribuições de Alves (2009), Ferreira e Wodewotzki (2005), Penereiro e Ferreira (2012) e Perlin (2023), além dos referenciais sobre ensino, aprendizagem e avaliação propostos por Pimenta (2009) e Weisz (2000). O Quadro 1 tem como objetivo orientar a observação e análise das aprendizagens promovidas pela sequência didática implementada nesta pesquisa.

Quadro 1: Descritores de aprendizagem para atividades com Modelagem Matemática interdisciplinar

| Dimensão da aprendizagem | Descritor | Referencial teórico |
|---------------------------------|---|--|
| Cognitiva | Identifica e compreende conceitos matemáticos aplicados a situações reais | Alves (2009); Ferreira e Wodewotzki (2005) |
| Cognitiva | Relaciona conceitos de Matemática e Biologia na resolução de problemas | Penereiro e Ferreira (2012); Perlin (2023) |
| Procedimental | Utiliza diferentes registros de representação matemática para resolver problemas | Ferreira e Wodewotzki (2005); Alves (2009) |
| Procedimental | Aplica estratégias de cálculo envolvendo porcentagem, razão e proporção | Ferreira e Wodewotzki (2005) |
| Socioemocional | Demonstra cooperação e respeito à diversidade de saberes durante as atividades | Pimenta (2009) |
| Socioemocional | Participa do diálogo e da resolução coletiva de problemas ambientais | Weisz (2000); Pimenta (2009) |
| Metacognitiva | Reflete sobre os próprios processos de aprendizagem e desenvolvimento de soluções | Weisz (2000) |

Fonte: Elaboração da autora com base nos dados da pesquisa, 2025.

Além dos autores que discutem a Modelagem Matemática e sua aplicação pedagógica, a elaboração da sequência didática e a análise dos processos de aprendizagem dos estudantes também se fundamentaram em referenciais que abordam a relação entre ensino, aprendizagem e avaliação. Pimenta (2009) contribui com reflexões sobre o papel da prática docente na mediação do conhecimento e na construção de aprendizagens significativas, enquanto Weisz (2000), a partir da psicologia histórico-cultural e das contribuições de Vygotsky, enfatiza a importância da mediação pedagógica e da avaliação formativa como instrumentos para potencializar o desenvolvimento cognitivo e social dos estudantes. Esses referenciais permitiram compreender a avaliação não apenas como um momento de verificação de resultados, mas como parte do processo de aprendizagem, orientando as intervenções pedagógicas realizadas ao longo da sequência didática e favorecendo o desenvolvimento da autonomia e do pensamento crítico dos alunos.

3. PERCURSO METODOLÓGICO

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), garantindo que todos os procedimentos seguissem as diretrizes éticas estabelecidas para estudos envolvendo participantes humanos. O estudo obteve consentimento formal da instituição escolar e dos alunos envolvidos, assegurando o cumprimento dos princípios éticos da pesquisa científica.

O estudo caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa e exploratória, fundamentada na Modelagem Matemática como estratégia didático-pedagógica aplicada ao ensino de

Matemática e Biologia. A investigação foi conduzida no Colégio Municipal J3sus Moura, localizado na cidade de Guaratinga, Bahia, envolvendo alunos do 3º ano do ensino m3dio. O objetivo foi analisar como a modelagem matemática poderia contribuir para a compreens3o dos processos de despoluiç3o do Rio dos Frades, considerando descritores de aprendizagem identificados na literatura, tais como: a capacidade de compreender conceitos matemáticos aplicados a situaç3es reais (Alves, 2009; Ferreira e Wodewotzki, 2005), a habilidade de relacionar conte3dos de Matemática e Biologia em problemas ambientais (Penereiro e Ferreira, 2012; Perlin, 2023) e o desenvolvimento do racioc3nio matemático articulado à resoluç3o de problemas contextualizados. Além disso, buscou-se observar o desenvolvimento de compet3ncias socioemocionais, como a cooperaç3o e o respeito à diversidade de saberes (Pimenta, 2009), bem como a capacidade de refletir sobre os pr3prios processos de aprendizagem (Weisz, 2000).

A abordagem metodol3gica adotada foi intervencionista, pois prop3s uma experimentaç3o didática para que os estudantes pudessem simular o processo de despoluiç3o do rio a partir de um modelo matemático. Além disso, a pesquisa envolveu observaç3o participante, permitindo a análise qualitativa das interaç3es dos estudantes com o conte3do e com a atividade proposta. A pesquisa foi desenvolvida ao longo de seis aulas de 50 minutos cada, totalizando cinco horas de atividades. A metodologia adotou uma sequ3ncia didática estruturada em tr3s etapas principais.

Inicialmente, foi realizada uma contextualizaç3o da problemática da poluiç3o do Rio dos Frades, trazendo dados e imagens que evidenciam a degradaç3o ambiental. Durante essa fase, os alunos foram incentivados a discutir as causas e consequ3ncias da poluiç3o e a levantar hip3teses sobre poss3veis soluç3es. Além disso, foram apresentadas as hip3teses centrais da modelagem matemática que orientaram a formulaç3o do modelo de despoluiç3o:

1. A poluiç3o pode ser eliminada naturalmente pelo rio;
2. A concentraç3o de poluentes na água é homog3nea;
3. A taxa de despoluiç3o é constante em relaç3o ao tempo;
4. A despoluiç3o ocorre em per3odos discretos.

Os estudantes também participaram da coleta de informaç3es locais por meio de registros fotográficos, observaç3es in loco e entrevistas com moradores sobre a situaç3o hist3rica do rio. Na segunda fase, os alunos aplicaram conceitos matemáticos para desenvolver um modelo matemático preditivo da despoluiç3o do rio. Para isso, utilizaram cálculos de porcentagem, raz3o e proporç3o para estimar a retirada progressiva de poluentes da água ao longo do tempo.

A modelagem seguiu um procedimento similar ao experimento descrito na Atividade 2 do ciclo de formaç3o do curso Matem@tica na Pr@tica, no qual os alunos simularam o processo de despoluiç3o em um ambiente controlado. A atividade prática envolveu tr3s recipientes, conforme

Figura 1, representando:

- Vasilhame 1 (Lago/Rio) – recipiente contendo a água poluída, onde a simulação foi realizada.
- Vasilhame 2 (Fonte de Água Limpa) – recipiente contendo água pura para reposição.
- Vasilhame 3 (Poluente) – mistura de café e água representando a poluição.

Figura 1 - organização dos vasilhames



Fonte: Elaboração das autoras, 2024.

Os passos seguidos foram:

1. O vasilhame 1 foi preenchido com 1800 ml de água limpa e 200 ml de poluente.
2. Retiraram-se dois copos de 200 ml de água poluída e repuseram-se dois copos de água limpa, simulando um processo de purificação natural do rio.
3. Esse procedimento foi repetido por **cinco ciclos**, registrando-se a quantidade residual de poluentes a cada troca, conforme Figura 2.

Figura 2: troca de líquidos entre os vasilhames



Fonte: Elaboração das autoras, 2024.

Com base nos registros, os estudantes preencheram a Tabela 1, para calcular a

progressão da despoluição:

Tabela 1 – Progressão da despoluição

| Período de 24h (n) | Concentração do Poluente | Quantidade de Poluente Retirado (PR) | Quantidade de Poluente Restante | Modelo Algébrico a(n) |
|---------------------------|---------------------------------|---|--|------------------------------|
| 1º Período (n=1) | 0,10 | 40 ml | 160 ml | $a(1) = a(0) - PR1$ |
| 2º Período (n=2) | 0,08 | 32 ml | 128 ml | $a(2) = a(1) - PR2$ |
| 3º Período (n=3) | 0,064 | 25,6 ml | 102,4 ml | $a(3) = a(2) - PR3$ |
| 4º Período (n=4) | 0,051 | 20,48 ml | 81,92 ml | $a(4) = a(3) - PR4$ |
| 5º Período (n=5) | 0,041 | 16,38 ml | 65,54 ml | $a(5) = a(4) - PR5$ |

Os dados apresentados na Tabela 1 foram obtidos a partir de uma simulação baseada em um modelo algébrico que representa a redução progressiva da quantidade de poluente em um corpo d'água ao longo de sucessivos períodos de 24 horas. A cada intervalo, considera-se que uma fração constante da concentração do poluente é retirada, o que caracteriza uma progressão geométrica decrescente. A concentração inicial do poluente foi estipulada em 0,10, correspondendo a uma quantidade total de 200 ml de poluente. No 1º período, com uma taxa de retirada de 20% da concentração, foram eliminados 40 ml, restando 160 ml. No 2º período, 20% da nova concentração (0,08) resultaram na retirada de 32 ml, restando 128 ml. Esse processo se repete sucessivamente, sempre com base na quantidade de poluente restante do período anterior. Os modelos algébricos $a(n) = a(n-1) - PRn$ foram usados para descrever essa variação, em que $a(n)$ representa a quantidade de poluente ao final do n-ésimo período, e PRn indica a quantidade retirada nesse mesmo intervalo.

Essa estrutura modelar ilustra como a matemática pode ser mobilizada para representar processos ambientais complexos de forma simplificada, permitindo a análise de tendências e projeções futuras, além de fornecer subsídios para a tomada de decisões em contextos de gestão ambiental. Como destacam Penereiro e Ferreira (2012), esse tipo de abordagem estimula nos estudantes a compreensão da matemática como linguagem de leitura e intervenção no mundo, articulando conteúdos escolares com problemas reais e socialmente relevantes.

Esse processo permitiu que os alunos compreendessem como a taxa de despoluição decresce ao longo do tempo, mesmo quando se retira o mesmo volume de água poluída. Além disso, a comparação entre os cálculos teóricos e a coloração da água na simulação possibilitou a validação empírica do modelo matemático.

Na última etapa da pesquisa, os alunos foram orientados a analisar os dados obtidos ao longo das atividades e a refletir sobre a viabilidade do modelo matemático desenvolvido. Durante esse processo, foram levantadas questões fundamentais para a compreensão da dinâmica da despoluição, tais como: o rio pode ser totalmente despoluído apenas por processos naturais? Em

quantos períodos a concentração de poluentes se tornaria insignificante? Quais fatores externos poderiam comprometer o processo de despoluição? Essas indagações incentivaram os estudantes a relacionarem os cálculos matemáticos com variáveis ambientais reais, promovendo uma análise crítica sobre a aplicabilidade do modelo na recuperação do Rio dos Frades.

Para aprofundar a reflexão sobre a experiência, foi aplicado um questionário avaliativo, no qual os alunos responderam a perguntas relacionadas ao nível de afinidade com a Matemática, à eficácia do aprendizado proporcionado pela metodologia utilizada, à relevância da modelagem matemática no contexto educacional e à possibilidade de aplicação frequente desse tipo de abordagem. Além disso, o questionário abriu espaço para que os estudantes fizessem sugestões e críticas sobre a atividade, permitindo um retorno qualificado sobre as potencialidades e limitações da proposta.

Os dados coletados foram analisados qualitativamente, considerando diferentes instrumentos metodológicos. A observação participante possibilitou o registro do envolvimento dos alunos na atividade, permitindo identificar suas interações e compreensões ao longo do processo. Registros fotográficos documentaram as diferentes etapas da simulação experimental, contribuindo para a visualização da progressão do experimento. Além disso, os alunos elaboraram tabelas de cálculo matemático, que permitiram acompanhar a redução progressiva da concentração de poluentes e comparar os resultados obtidos na simulação com as previsões teóricas. Por fim, as respostas do questionário final possibilitaram avaliar a percepção dos estudantes quanto ao impacto da modelagem matemática no aprendizado e sua aplicabilidade para a compreensão de problemas ambientais.

A análise dos dados foi realizada por meio da triangulação das informações coletadas, ou seja, da comparação entre os registros matemáticos, experimentais e descritivos, garantindo uma compreensão mais ampla e integrada dos resultados. Dessa forma, foi possível avaliar a eficácia da modelagem matemática não apenas como ferramenta de ensino da Matemática, mas também como uma estratégia didática que favorece a conscientização ambiental e o pensamento crítico sobre a poluição e os processos de recuperação de ecossistemas hídricos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A presente seção reúne e analisa os resultados obtidos a partir da implementação da sequência didática interdisciplinar sobre a poluição e despoluição do Rio dos Frades, na cidade de Guaratinga (BA). A proposta foi desenvolvida ao longo de seis aulas, com participação ativa dos estudantes do 3º ano do Ensino Médio, integrando os componentes curriculares de Biologia e Matemática. A adesão dos docentes de ambas as áreas permitiu construir uma abordagem colaborativa e crítica, na qual o conhecimento matemático se articulou à realidade ambiental vivida pelos estudantes.

A atividade teve início com uma aula introdutória de Biologia, em que se discutiu o conceito de poluição hídrica e sua manifestação concreta no contexto local. A partir desse diálogo inicial, os estudantes elaboraram um mapa conceitual, no qual foram expressas percepções, saberes prévios e hipóteses sobre os processos de degradação e despoluição dos rios. Esse momento permitiu diagnosticar tanto os repertórios espontâneos quanto as compreensões iniciais dos discentes acerca do problema ambiental, com base na concepção de avaliação diagnóstica proposta por Pimenta (2009), que a compreende como parte integrante do processo de ensino e aprendizagem, capaz de orientar as intervenções pedagógicas subsequentes. Além disso, foram considerados os princípios da psicologia histórico-cultural de Vygotsky, conforme discutidos por Weisz (2000), reconhecendo que as concepções prévias dos alunos constituem ponto de partida essencial para a mediação e o desenvolvimento das zonas de desenvolvimento proximal. A partir desses referenciais, foi possível identificar descritores de aprendizagem relacionados à compreensão inicial de conceitos matemáticos e ambientais, à capacidade de estabelecer relações interdisciplinares e ao engajamento socioemocional, que serviram de base para orientar as atividades posteriores.

Quadro 2 — Descritores de aprendizagem utilizados no diagnóstico inicial

| Dimensão da aprendizagem | Descritor observado no diagnóstico | Referencial teórico |
|---------------------------------|---|--|
| Cognitiva | Reconhecimento de conceitos matemáticos básicos relacionados ao problema ambiental (porcentagem, razão e proporção) | Alves (2009); Ferreira e Wodewotzki (2005) |
| Cognitiva | Capacidade de identificar elementos do problema ambiental no contexto local | Penereiro e Ferreira (2012); Perlin (2023) |
| Cognitiva | Expressão de compreensões espontâneas sobre processos de poluição e despoluição | Weisz (2000); Vygotsky (apud Weisz, 2000) |
| Socioemocional | Engajamento na problematização e na proposição inicial de soluções | Pimenta (2009); Weisz (2000) |

Fonte: Elaboração da autora com base nos dados da pesquisa, 2024.

Na etapa seguinte, os alunos participaram da confecção dos materiais utilizados no experimento de despoluição — com destaque para a montagem das garrafas simuladoras, nas quais se observava, em etapas sucessivas, o processo de diluição e retirada de poluentes, simbolizado por uma mistura de água com café. A dinâmica experimental, inspirada em uma proposta anteriormente aplicada em curso de pós-graduação, foi adaptada à realidade escolar e geográfica de Guaratinga. O Rio dos Frades, rio que corta a cidade, foi o foco da proposta, tendo sua condição ambiental atual como objeto de estudo, denúncia e mobilização.

Em uma das atividades comemorativas do Dia da Água, os estudantes foram a campo investigar a situação do rio em trechos específicos da cidade. Cada trecho do Rio dos Frades, ao passar por diferentes bairros ou ruas, recebe informalmente o nome da localidade — como o "Rio da Juerana" ou o "Rio do Vianão" —, o que reforça o vínculo da comunidade com esse recurso natural e

evidencia sua fragmentação territorial e simbólica. Nessa ocasião, os alunos produziram vídeos, realizaram entrevistas com moradores e construíram um jornal escolar, documentando o estado atual do rio, com registros fotográficos e relatos sobre a poluição visível e seus impactos.

Durante a culminância do projeto, houve a presença da Secretária de Meio Ambiente do município, convidada para dialogar com os estudantes sobre as políticas públicas existentes para a recuperação do rio. Ao ser questionada sobre as ações práticas de despoluição, a representante informou que o município não dispõe de recursos para intervenções como dragagem ou remoção sistemática de resíduos. Nesse sentido, a única ação efetivamente realizada pela secretaria diz respeito à promoção de campanhas de conscientização ambiental junto à população.

O envolvimento dos estudantes, a elaboração do experimento, a produção do mapa conceitual e as ações de campo demonstram que a sequência didática não apenas promoveu aprendizagens escolares, mas também proporcionou uma leitura crítica da realidade local. Como se verá nas análises subsequentes, os dados obtidos no experimento e os registros das entrevistas apontam para a eficácia pedagógica da modelagem matemática enquanto estratégia de ensino contextualizado, ao mesmo tempo em que escancaram as ausências do poder público na garantia de políticas ambientais estruturantes.

O Rio dos Frades é um curso de água localizado no estado da Bahia, com suas nascentes situadas nas serras da Vista Alegre e do Pinhão, em altitudes que variam entre 400 e 500 metros. O rio percorre aproximadamente 115 km, atravessando diversas localidades antes de desembocar no Oceano Atlântico, no município de Porto Seguro (Brasil, 2023). Ao passar pela cidade de Guaratinga, o Rio dos Frades apresenta sinais evidentes de degradação ambiental, sendo possível observar a presença de detritos em diversos trechos. Esse cenário reflete um problema de poluição hídrica que compromete não apenas a qualidade da água, mas também o equilíbrio ecológico da região. Diante desse contexto, torna-se essencial a implementação de ações voltadas para a preservação e recuperação do rio, promovendo a conscientização da população e incentivando medidas sustentáveis para mitigar os impactos ambientais (Brasil, 2023).

As imagens apresentadas a seguir foram registradas in loco pelos próprios alunos ao longo do desenvolvimento da pesquisa, durante as visitas aos trechos do Rio dos Frades e de seus afluentes. A realização desses registros fez parte da etapa inicial da sequência didática, que envolveu observação direta da realidade local e entrevistas com moradores da cidade de Guaratinga. Essa vivência de campo permitiu aos estudantes perceberem os impactos da poluição hídrica no cotidiano da comunidade, despertando o interesse e o sentimento de pertencimento ao território. Além disso, o envolvimento dos estudantes em todas as etapas — desde a coleta de dados visuais e relatos orais até a análise crítica das informações — reforçou a proposta de

interdisciplinaridade entre os componentes curriculares de Matemática e Biologia. A produção das imagens pelos alunos não só documentou o estado ambiental do rio, como também favoreceu a articulação entre teoria e prática, promovendo uma educação contextualizada, investigativa e socialmente engajada.

No decorrer da pesquisa, observou-se que diversas áreas do Rio dos Frades apresentam acúmulo de resíduos sólidos, evidenciando o impacto ambiental causado pelo descarte irregular de lixo. A Figura 3 ilustra um trecho do rio onde detritos foram encontrados às margens.

Figura 3: Resíduos sólidos acumulados na margem do Rio dos Frades



Fonte: Acervo pessoal, 2024.

A imagem evidencia a presença de resíduos sólidos acumulados às margens do Rio dos Frades, resultado do descarte inadequado de lixo na região. Esse cenário compromete a qualidade da água e afeta diretamente o ecossistema local, prejudicando tanto a fauna aquática quanto a saúde da população que depende desse recurso hídrico. Observa-se que o processo de poluição está relacionado à ausência de políticas efetivas de gestão de resíduos, bem como à falta de conscientização ambiental por parte da comunidade. Diante desse contexto, torna-se essencial a implementação de ações educativas e intervenções governamentais que visem a redução do impacto ambiental e a recuperação da qualidade da água do rio.

Figura 4: Resíduos acumulados nas margens do Rio dos Frades, Guaratinga



Fonte: Acervo pessoal, 2024.

A Figura 4 evidencia a presença de resíduos descartados de maneira inadequada nas margens do Rio dos Frades, em Guaratinga. Observa-se uma grande quantidade de lixo acumulado entre a vegetação, incluindo plásticos e outros materiais que podem comprometer a qualidade da água e afetar a fauna e flora locais. Esse cenário destaca a necessidade urgente de políticas públicas voltadas à gestão de resíduos sólidos, além de ações de educação ambiental que incentivem a comunidade a adotar práticas mais sustentáveis. A degradação das margens do rio pode resultar no agravamento do assoreamento e na contaminação da água, impactando diretamente os moradores que dependem desse recurso. Portanto, medidas preventivas e restaurativas são essenciais para garantir a preservação desse ecossistema.

Figura 5: Trecho do Rio dos Frades cercado por vegetação



Fonte: Acervo pessoal, 2024

A Figura 5 apresenta um trecho do Rio dos Frades cercado por uma densa vegetação, o que evidencia a importância das áreas de mata ciliar para a preservação dos recursos hídricos. A vegetação nas margens desempenha um papel essencial na manutenção do ecossistema, pois ajuda a reduzir o assoreamento, melhora a qualidade da água e oferece abrigo para diversas espécies de fauna.

Apesar da aparência natural do local, é fundamental avaliar a qualidade da água e os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado de resíduos e pela ocupação urbana desordenada. O crescimento das cidades sem planejamento ambiental adequado pode comprometer a conservação desses espaços, tornando-se necessária a implementação de políticas públicas para garantir a proteção e a recuperação das áreas ribeirinhas. A conscientização da população sobre a importância da preservação do Rio dos Frades é um passo fundamental para minimizar os danos ambientais e garantir que esse recurso continue beneficiando a biodiversidade e a comunidade local.

Figura 6 - Entrevista com morador da cidade



Fonte: Acervo pessoal, 2024.

Além das entrevistas presenciais realizadas pelos alunos em 2024, os estudantes buscaram contato com a Secretária de Meio Ambiente, por telefone, e fizeram uma entrevista com a mesma. Na sequência, sentiram necessidade de trazer um diálogo mais próximo com a Secretária de Meio Ambiente do município de Guaratinga, e a convidaram à participar de uma Roda de Conversa, onde os alunos fizeram perguntas direcionadas, conforme Figura 6.

De maneira concreta, foi desenvolvida uma simulação da despoluição do Rio dos Frades de Guaratinga, onde os alunos de maneira concreta puderam experienciar as transformações. A sequência didática aqui analisada foi desenvolvida com estudantes do 3º ano do Ensino Médio e promoveu uma abordagem interdisciplinar entre Matemática e Biologia, tendo como eixo central a simulação da despoluição do Rio dos Frades, curso d'água que atravessa a cidade de Guaratinga, na Bahia. Por meio da construção de um experimento didático, os discentes foram convidados a explorar o conceito de poluição hídrica e a refletir, por meio da modelagem matemática, sobre processos possíveis de mitigação da contaminação ambiental. Os resultados dessa prática evidenciam a potência pedagógica do trabalho com a modelagem em situações contextualizadas e com relevância social e ambiental.

Figura 7: Experimento



Fonte: Acervo pessoal, 2024.

No experimento representado na Figura 7, os estudantes simularam um processo de diluição progressiva, com o objetivo de compreender, a partir de dados empíricos, como a concentração de uma substância poluente pode ser modelada matematicamente ao longo de sucessivos ciclos de substituição parcial do volume. A simulação partiu de uma mistura homogênea de 1800 ml de água limpa com 200 ml de uma solução de café, representando 10% de concentração inicial do poluente. A cada ciclo, 400 ml da mistura foram retirados e substituídos por 400 ml de água limpa, resultando em uma nova concentração, sempre menor que a anterior. Esse procedimento foi repetido por cinco vezes, permitindo aos estudantes não apenas observar visualmente a mudança de tonalidade da solução, mas também registrar numericamente a redução da quantidade de poluente presente.

A proposta promoveu a apropriação de conceitos fundamentais da Matemática, tais como variação percentual, progressão geométrica, construção de sequências e raciocínio algébrico. A cada substituição, os estudantes calcularam 20% da quantidade de poluente remanescente, estabelecendo uma regularidade numérica que os levou à percepção da existência de um padrão decrescente. Tal padrão, representado na forma de uma sequência algébrica, foi organizado por meio de tabelas, nas quais cada linha correspondia a um período de 24 horas e indicava a concentração, o volume de poluente retirado e o volume remanescente. Com isso, foi possível visualizar a estrutura matemática do fenômeno simulado e discutir sua coerência interna. Para aprofundar a compreensão do modelo, os estudantes foram orientados a expressar a sequência identificada como uma progressão geométrica, em que o termo geral segue a expressão $P_n = P_0 \times (0,8)^n$, sendo P_0 a quantidade inicial de poluente e n o número de dias transcorridos. Essa formalização permitiu que eles entendessem como a concentração de poluente diminuía de forma exponencial e como a função matemática descrevia a dinâmica do processo de despoluição ao longo do tempo, reforçando a aplicação de conceitos algébricos em situações reais.

Um dos principais ganhos conceituais foi a transição entre o registro empírico e a construção simbólica de um modelo matemático. A expressão algébrica $a(n) = a(n-1) - PR(n)$, elaborada com o apoio do professor, passou a representar formalmente o processo observado, permitindo aos estudantes sistematizar as relações numéricas identificadas e projetar a evolução da sequência para além dos cinco ciclos realizados em sala. Ao perceberem que, mesmo com substituições contínuas, a quantidade de poluente nunca se extingue por completo, os alunos entraram em contato, de forma introdutória, com a noção de limite — conceito que, embora não seja formalizado no ensino médio, foi intuitivamente compreendido como uma tendência assintótica.

Nesse contexto, a Matemática deixou de ser tratada apenas como instrumento de cálculo

para se tornar uma linguagem de interpretação da realidade. O experimento permitiu aos estudantes trabalhar com a ideia de modelagem como processo cíclico que parte de uma situação concreta, abstrai essa situação por meio de representações simbólicas e retorna a ela com o objetivo de explicá-la, validá-la ou refinar suas compreensões. Esse movimento entre prática e abstração, entre dados e fórmulas, mobilizou habilidades cognitivas relevantes, como a capacidade de generalização, a construção de argumentos lógicos e o uso da álgebra como ferramenta de previsão.

Outro aspecto importante foi a articulação entre os dados numéricos e sua representação gráfica. A tabela construída pelos estudantes indicava a queda sucessiva da concentração do poluente, sugerindo uma curva de decaimento que, se representada graficamente, tenderia à forma de uma função exponencial decrescente. Embora esse conteúdo não tenha sido abordado formalmente, a atividade serviu como um primeiro contato com a ideia de comportamento exponencial, reforçando a importância da visualização na aprendizagem de conceitos matemáticos mais abstratos.

A atividade também favoreceu a elaboração de conjecturas. Ao extrapolar os dados da tabela e tentarem prever em que ciclo a concentração de poluente se tornaria desprezível, os estudantes foram desafiados a construir expressões algébricas para o n -ésimo termo da sequência, reconhecendo que a regularidade observada poderia ser expressa por fórmulas generalizadas. Essa construção envolveu não apenas o reconhecimento do padrão, mas também a capacidade de formalizar esse padrão em linguagem matemática, um dos objetivos centrais da modelagem.

Além disso, a discussão em torno da pergunta provocadora — "O rio poderá estar completamente despoluído em algum momento?" — trouxe à tona limites conceituais importantes. A maioria dos alunos, inicialmente, respondeu afirmativamente, mas, ao confrontar suas respostas com os dados calculados, muitos reviram suas posições. Esse movimento revelou o potencial da modelagem para provocar rupturas com o senso comum e promover uma postura investigativa diante dos resultados. A constatação de que a concentração tende a zero sem jamais atingi-lo despertou o interesse pela precisão conceitual, característica essencial no pensamento matemático.

Em termos pedagógicos, o experimento também se destacou por permitir que os estudantes atuassem como protagonistas na construção do conhecimento. Desde a montagem do ambiente experimental até a sistematização dos dados, os discentes participaram ativamente das etapas da modelagem, colaborando entre si, questionando os procedimentos, levantando hipóteses e comparando resultados. A autonomia e o engajamento demonstrados ao longo da atividade apontam para uma aprendizagem significativa, em que os conceitos matemáticos são compreendidos em sua funcionalidade e não apenas memorizados de forma mecânica.

Essa vivência prática de construção de modelos e análise de dados confirma o que afirmam Ferreira e Wodewotzki (2005), ao defenderem a modelagem matemática como estratégia didática centrada na realidade, capaz de desenvolver o raciocínio lógico, a capacidade analítica e a compreensão da Matemática como instrumento de leitura e intervenção no mundo. Mais do que uma experiência de sensibilização sobre questões ambientais, o experimento representou um momento privilegiado de apropriação de estruturas matemáticas fundamentais para a formação dos estudantes, como progressões, funções, limite e modelagem algébrica.

Figura 8: Construção de mapa conceitual



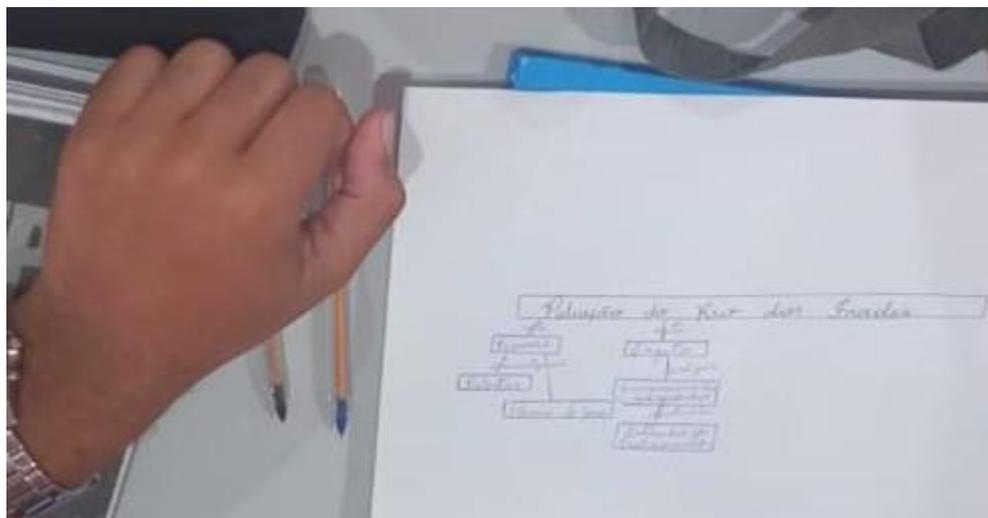
Fonte: Acervo pessoal, 2024.

A análise do mapa conceitual (Figura 8) construído a partir da sequência didática sobre a despoluição do Rio dos Frades revela um importante esforço dos estudantes em sistematizar os conhecimentos adquiridos durante a vivência interdisciplinar, articulando conceitos ambientais, noções matemáticas e propostas de intervenção social. Esse produto, longe de ser um simples resumo, configura-se como um instrumento de expressão dos sentidos atribuídos à experiência pedagógica, permitindo verificar não apenas o grau de apropriação conceitual, mas também a capacidade dos alunos de relacionar conteúdos escolares com os problemas reais do território em que vivem.

Em diálogo com as etapas anteriores da proposta — que envolveram experimentação com simulações de poluentes, modelagem matemática do processo de despoluição e análise de dados — o mapa (Figura 9) evidencia uma ampliação da consciência ambiental dos estudantes. Elementos como “*não jogar lixo em locais inadequados*”, “*não jogar produtos químicos nas plantas ao redor dos rios*” e “*realizar palestras e plantar árvores nas margens*” expressam a compreensão de que a poluição não é um fenômeno isolado, mas resultado de práticas cotidianas e da ausência de políticas públicas eficazes. Esse ponto se articula às reflexões de Costa e Pontarolo (2019), ao defenderem que o trabalho com modelagem pode contribuir para uma educação ambiental crítica,

desde que vinculado a processos coletivos de leitura da realidade.

Figura 9: Construção de mapa conceitual



Fonte: Acervo pessoal, 2024.

A estruturação do mapa conceitual (Figura 9) evidencia o esforço dos estudantes em sistematizar os conhecimentos desenvolvidos ao longo da sequência didática, articulando termos técnicos, representações matemáticas e proposições voltadas à resolução de problemas. Ainda que a linguagem escrita apresente variações gramaticais ou grafias instáveis — o que é esperado em produções escolares —, observa-se a apropriação de vocabulário técnico como “gradeamento”, “dragagem”, “assoreamento”, “flotação” e “técnicas ecológicas”, indicando que os(as) alunos(as) conseguiram estabelecer vínculos entre os experimentos de sala de aula e conceitos mobilizados durante a modelagem. A presença desses termos aponta para o desenvolvimento do letramento científico e matemático, conforme destacam Salvador e Vasconcelos Arenales (2023), ao defenderem os mapas conceituais como recursos capazes de integrar saberes formais e experiências de aprendizagem.

Além da organização terminológica, o mapa revela uma capacidade crescente de abstração e de construção de relações causais. Expressões como “formar um grupo para organizar e manter os rios” ou “fazer cobranças à gestão pública” demonstram que os estudantes, ao interpretar os dados e propor medidas, exercitaram competências lógico-argumentativas e formularam hipóteses de ação fundamentadas na análise do problema. Esse movimento de generalização e proposição vai ao encontro da perspectiva de Penereiro e Ferreira (2012), para quem a modelagem matemática, ao ser situada em contextos significativos, pode ampliar a compreensão dos estudantes sobre fenômenos complexos e estimulá-los a assumir posturas críticas e propositivas diante das situações investigadas.

Outro elemento relevante refere-se à organização gráfica do material. Apesar de certa informalidade na disposição espacial das ideias — o que é comum em produções escolares —, o mapa apresenta encadeamentos lógicos e estruturas que revelam conexões entre variáveis e categorias. A presença de perguntas estruturadoras, como “Quais ações são necessárias para começar a reverter isso?”, indica que os(as) estudantes não apenas retomaram os conteúdos trabalhados, mas foram incentivados a elaborar inferências e justificar relações entre causas e consequências, aprofundando o entendimento dos modelos discutidos em sala.

Em síntese, o mapa conceitual construído no encerramento da sequência didática não apenas condensa o percurso formativo dos(as) estudantes, mas também atua como instrumento de consolidação das aprendizagens. Sua construção evidencia o uso articulado de conceitos matemáticos e estratégias de resolução, reafirmando a modelagem como um campo para o desenvolvimento do raciocínio lógico, da comunicação matemática e da capacidade de análise. Nesse sentido, ele confirma o potencial da modelagem matemática enquanto prática que mobiliza a compreensão, a criatividade e a reflexão crítica dos(as) estudantes sobre os fenômenos com os quais se relacionam.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A experiência didática desenvolvida neste trabalho evidenciou o potencial da modelagem matemática como estratégia de ensino-aprendizagem voltada à construção de conhecimentos abstratos a partir de situações concretas. Ao propor a simulação da despoluição do Rio dos Frades, os estudantes foram desafiados a compreender e aplicar conceitos como porcentagem, razão, proporção e progressão geométrica, articulando esses saberes à elaboração de modelos algébricos simples para estimar a redução de poluentes em função do tempo.

A formulação e a validação do modelo matemático, expressos por meio de uma função recursiva decrescente, proporcionaram aos alunos o desenvolvimento do pensamento algébrico, permitindo-lhes observar tendências, fazer previsões e refletir sobre o comportamento assintótico da quantidade de poluente. Essa prática favoreceu o entendimento de que a matemática pode ser utilizada como uma linguagem para representar e analisar fenômenos reais, reforçando seu caráter interpretativo e não apenas operacional.

Além disso, a atividade possibilitou que os estudantes extrapolassem os cálculos para o n -ésimo período, criando expressões generalizadas e discutindo a possibilidade — ou não — de completa purificação do rio em ciclos finitos. Esse exercício promoveu o raciocínio lógico e a

construção de argumentos baseados em dados, consolidando a aprendizagem de conteúdos fundamentais do currículo do ensino médio de forma situada e significativa. Essa vivência prática, conforme apontado por Ferreira e Wodewotzki (2005) ou Costa e Pentarolo (2019), contribui para a aprendizagem significativa ao mobilizar a Matemática como ferramenta de leitura e intervenção na realidade.

Embora ancorada em um problema de natureza ambiental, a proposta teve como eixo estruturante a modelagem matemática e sua aplicação no contexto escolar. Os resultados da sequência didática indicam que a matemática, quando mobilizada para responder a questões do cotidiano dos estudantes, contribui não apenas para a apropriação conceitual, mas também para o engajamento crítico e a autonomia intelectual.

Dessa forma, a prática aqui relatada reafirma a modelagem matemática como uma abordagem pedagógica que ultrapassa a resolução mecânica de exercícios, configurando-se como um instrumento de leitura, análise e intervenção sobre a realidade. Ao tornar os alunos protagonistas do processo investigativo, a proposta favorece o desenvolvimento de competências analíticas e interpretativas, essenciais para a formação de sujeitos críticos, capazes de articular conhecimentos matemáticos a contextos socialmente relevantes.

REFERÊNCIAS

- ALVES, L. F. B. *Modelagens matemáticas para simulações computacionais de impacto ambiental no Rio Balsas*. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.
- COSTA, D.; PONTAROLO, E. Aspectos da educação ambiental crítica no ensino fundamental por meio de atividades de modelagem matemática. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, SciELO Brasil, 2019.
- CUNHA, C. L. N.; FERREIRA, A. P. Modelagem matemática para avaliação dos efeitos de despejos orgânicos nas condições sanitárias de águas ambientais. *Cadernos de Saúde Pública*, SciELO Brasil, 2006.
- FERREIRA, D. H. L.; WODEWOTZKI, M. L. L. *Modelagem matemática e educação ambiental: uma experiência com alunos do ensino médio*. Revista de Educação Matemática, PUC-Campinas, 2005.
- PENEREIRO, J. C.; FERREIRA, D. H. L. *A Modelagem Matemática Aplicada às Questões Ambientais: Uma abordagem didática no estudo da precipitação pluviométrica e da vazão de rios*. Millenium, Dialnet.unirioja.es, 2012.
- PERLIN, Claudia. *Crescimento populacional de palometas na fronteira oeste gaúcha: um problema ambiental à luz da modelagem matemática*. 2023. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Matemática) Universidade Federal do Pampa, Itaqui, 2023.

SALVADOR, J. A.; VASCONCELOS ARENALES, S. H. *Modelagem Matemática Ambiental*. São Paulo: Books Google, 2023.