Tangram
Revista de Educação Matemática

DOI: 10.30612/tangram.v9i1.19235

As pessoas estão confiando 100% nele, mas o ChatGPT não é 100% confiável!

People are trusting it 100%, but ChatGPT is not 100% reliable!

La gente confía en él al 100%, pero ¡ChatGPT no es 100% confiable!

Aldo Peres Campos e Lopes
Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI
Instituto de Ciências Puras e Aplicadas (ICPA)
Itabira, Minas Gerais, Brasil
E-mail: aldolopes@unifei.edu.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-4046-0840

Marcelo de Carvalho Borba
Universidade Estadual de São Paulo – UNESP
Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE)
Rio Claro, São Paulo, Brasil
E-mail: marcelo.c.borba@unesp.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-3101-5486

Resumo: Neste artigo explora-se como a Educação Matemática Crítica (EMC) pode desafiar a ideologia da certeza na matemática, especialmente em relação ao uso de tecnologias, como a inteligência artificial (IA), exemplificada pelo ChatGPT. A ideologia da certeza considera a matemática como neutra, objetiva e infalível, ocultando suas conexões com questões sociais e políticas. Por meio de atividades de modelagem matemática, analisa-se como o conhecimento reflexivo pode desestabilizar essa ideologia, promovendo uma compreensão mais crítica da matemática e suas implicações. No estudo utilizou-se uma abordagem qualitativa, envolvendo estudantes de engenharia em atividades colaborativas de modelagem com o ChatGPT. Os resultados mostram que, ao integrar IA na modelagem, os alunos começaram a questionar a infalibilidade da matemática e a reconhecer suas limitações. Isso sugere que a EMC, aliada ao uso consciente de tecnologias, pode capacitar estudantes a desenvolverem uma visão crítica e reflexiva sobre o papel da matemática na sociedade. A pesquisa contribui para o entendimento de como a integração de tecnologias pode ser utilizada para promover a criticidade no ensino de matemática.

Palavras-chave: Ideologia da Certeza. Conhecimento Reflexivo. Inteligência Artificial. Modelagem Matemática. Educação Matemática Crítica.

Abstract: This article explores how Critical Mathematics Education (CME) can challenge the ideology of certainty in mathematics, particularly concerning the use of technologies like artificial intelligence (AI), exemplified by ChatGPT. The ideology of certainty views mathematics as neutral, objective, and infallible, masking its connections to social and political issues. Through mathematical modeling activities, the article analyzes how reflective knowledge can destabilize this ideology, fostering a more critical understanding of mathematics and its implications. The study uses a qualitative approach, involving engineering students in collaborative modeling activities with ChatGPT. The results show that, by integrating AI into modeling, students began to question the infallibility of mathematics and recognize its limitations. This suggests that CME, combined with the conscious use of technologies, can empower students to develop a critical and reflective perspective on the role of mathematics in society. The research contributes to understanding how the integration of technologies can be used to promote critical thinking in mathematics education.

Keywords: Ideology of Certainty. Reflective Knowledge. Artificial Intelligence. Mathematical Modeling. Critical Mathematics Education.

Resumen: Este artículo explora cómo la Educación Matemática Crítica (EMC) puede desafiar la ideología de la certeza en matemáticas, especialmente en relación con el uso de tecnologías como la inteligencia artificial (IA), ejemplificada por ChatGPT. La ideología de la certeza considera las matemáticas como neutrales, objetivas e infalibles, ocultando sus conexiones con problemas sociales y políticos. A través de actividades de modelado matemático, el artículo analiza cómo el conocimiento reflexivo puede desestabilizar esta ideología, fomentando una comprensión más crítica de las matemáticas y sus implicaciones. El estudio utiliza un enfoque cualitativo, involucrando a estudiantes de ingeniería en actividades colaborativas de modelado con ChatGPT. Los resultados muestran que, al integrar IA en el modelado, los estudiantes comenzaron a cuestionar la infalibilidad de las matemáticas y a reconocer sus limitaciones. Esto sugiere que la EMC, aliada al uso consciente

de las tecnologías, puede capacitar a los estudiantes para desarrollar una visión crítica y reflexiva sobre el papel de las matemáticas en la sociedad. La investigación contribuye a la comprensión de cómo la integración de tecnologías puede utilizarse para promover el pensamiento crítico en la educación matemática.

Palabras clave: Ideología de la. Certeza. Conocimiento Reflexivo. Inteligencia Artificial. Modelado Matemático. Educación Matemática. Crítica.

Recebido em 18/04/2025
Aceito em 22/12/2025

INTRODUÇÃO

No atual cenário de crescente uso da tecnologia, é fundamental promover uma educação matemática crítica (EMC) que incentive o pensamento reflexivo e conecte a matemática ao mundo real. Isso inclui refletir sobre a natureza do conhecimento gerado pela tecnologia, questionando se ele é verdadeiramente neutro e objetivo ou se disfarça influências sociais e políticas, como a maneira com que algoritmos podem reforçar desigualdades. Ao trazer essas discussões para o ensino, formamos cidadãos mais críticos, capazes de compreender e questionar as implicações sociais da matemática e da tecnologia.

A ideologia da certeza sustenta a ideia de que o conhecimento matemático é neutro, verdadeiro e objetivo, o que reforça sua posição de autoridade. O senso comum considera a matemática apolítica e livre de influências ideológicas, mas Borba e Skovsmose (1997) argumentam que essa visão é baseada na crença de que a matemática está acima de questionamentos, funcionando como um controle sobre as imperfeições humanas. Essa ideologia se manifesta em duas premissas: a matemática não precisa de validação empírica, e se aplica universalmente, desvalorizando outras qualidades dos fenômenos (Borba, 1992).

Skovsmose (2019) identificou três pilares dessa ideologia que são a neutralidade da matemática, a sua objetividade e a sua racionalidade, o que leva a decisões tratadas como imparciais e indiscutíveis. No entanto, essa percepção pode ocultar interesses políticos e sociais. Araújo (2012) destaca que um dos principais intuitos da EMC é buscar formas de contestar a ideologia da certeza presente na matemática. A adesão completa e inquestionável a essa ideologia contraria os princípios de autonomia, autoconsciência e racionalidade do indivíduo. Para combatê-la é essencial questionar a suposta infalibilidade da matemática e reconhecer que seus resultados podem ser contestados. A crítica e o diálogo são necessários para enxergar a matemática como uma construção humana, sujeita a valores e a contextos. A modelagem matemática pode ser uma ferramenta para conectar o conhecimento matemático à realidade, incentivando uma abordagem crítica e reflexiva, afastando-se do paradigma tradicional de exercícios desconectados do mundo real. Em uma

abordagem sociocrítica, ela busca desconstruir a ideologia da certeza, questionando a supervalorização da matemática, incluindo dados numéricos e gráficos, e a subvalorização das qualidades dos objetos, mascarando interesses políticos e privados. Para combater essa visão, é necessário reconhecer a matemática como uma produção humana sujeita a influências e promover um ambiente de dúvida e questionamento, fomentando um conhecimento reflexivo e crítico que a conecte à realidade (Lopes 2023).

O conhecimento reflexivo, de acordo com Skovsmose (2014), é a habilidade de avaliar as circunstâncias e seus efeitos sociais ligados ao uso do conhecimento matemático e tecnológico. Para que os alunos adquiram essa habilidade, é fundamental que reflitam sobre questões sociais, normas, valores e sobre aspectos éticos, políticos e econômicos (Lopes, 2023). Esse tipo de conhecimento é importante para desenvolver cidadãos com pensamento crítico (Lopes, 2024; Lopes, 2025a).

O desenvolvimento da criticidade é importante nos tempos atuais, tendo em vista o desenvolvimento de tecnologias como a inteligência artificial (IA). A introdução de tecnologias de IA na educação, como o ChatGPT, levanta preocupações relacionadas a desigualdades de acesso e possíveis impactos negativos no desenvolvimento de habilidades críticas, como apontado por Wardat et al. (2023). O uso excessivo dessas ferramentas pode comprometer a aprendizagem, promovendo dependência e práticas desonestas. No entanto, a educação crítica, como defendem Kerruish (2024) e Borba et al. (2023), é essencial para capacitar os alunos a usarem essas tecnologias de forma consciente, desenvolvendo pensamento crítico e cidadania ativa. Atividades de modelagem matemática, conforme sugerem Morais et al. (2025) e Tidwell & Bennett (2024), podem ser uma abordagem eficaz para integrar criticidade e relevância social no ensino, especialmente em um ambiente digital cada vez mais influente.

Nesse contexto, com o objetivo de estudar como a EMC pode contribuir para a desestabilização da ideologia da certeza diante da introdução da IA na educação, objetivou-se responder ao seguinte questionamento: como a manifestação do conhecimento reflexivo pode contribuir para se contrapor a ideologia da certeza quando um modelo matemático é produzido com auxílio de uma IA como o ChatGPT?

CONHECIMENTO REFLEXIVO NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

A análise crítica da ideia de que a matemática não é neutra está diretamente relacionada à concepção de que a modelagem matemática, como um tipo de conhecimento tecnológico, é moldada por fatores sociais. Lopes (2023) ressalta que a criação de modelos matemáticos demanda um conhecimento reflexivo, fundamental para compreender sua essência e os critérios utilizados em sua elaboração e aplicação. Para Skovsmose (2014), esse tipo de conhecimento envolve a capacidade de examinar problemas e contextos, com atenção para os seus impactos sociais, ambientais e tecnológicos, incentivando uma análise crítica dos efeitos que o saber matemático gera.

Realizar uma análise crítica da matemática se relaciona com algumas ideias de Paulo Freire, como a conscientização, por exemplo. Para Freire (2011), a conscientização é fundamental na educação libertadora, pois conecta a consciência humana ao contexto histórico-social e aprofunda a compreensão das estruturas que moldam a realidade. Mais do que uma percepção passiva, ela promove um processo contínuo de reflexão e ação, capacitando o indivíduo a questionar e a transformar o mundo. Freire vê a conscientização como um ato político, epistemológico e estético, essencial para formar cidadãos críticos e engajados na construção de uma sociedade justa e democrática.

Na educação matemática, esse entendimento é essencial para que os alunos percebam os contextos sociais, políticos, econômicos e éticos vinculados à matemática. No âmbito da modelagem, o conhecimento reflexivo possibilita questionar a confiabilidade dos métodos, avaliar suas consequências sociais e investigar alternativas, promovendo a formação de cidadãos críticos e conscientes, especialmente em relação a questões de sustentabilidade (Lopes, 2023; Skovsmose, 2014).

O debate em sala de aula pode ser enriquecido pelos sete passos de reflexão propostos por Lopes (2023), inspirados em Skovsmose (2014), que fomentam o desenvolvimento do conhecimento reflexivo. Esses passos incluem os seguintes questionamentos:

(i) os cálculos estão corretos?

(ii) o algoritmo empregado é apropriado?

(iii) a perspectiva matemática adotada é confiável?

(iv) o problema poderia ser resolvido sem o uso de matemática formal?

(v) de que maneira a matemática interfere na situação?

(vi) há outras formas de interpretar o problema?

(vii) quais são as repercussões sociais, ambientais e econômicas dessa abordagem?

Os dois primeiros passos referem-se a aspectos estritamente matemáticos, enquanto os demais focam nas consequências sociais da matemática. O presente estudo concentrou-se especialmente nos três últimos passos, que exploram como a matemática pode ser empregada na resolução de problemas concretos, incentivando a reflexão crítica por parte dos estudantes. Por exemplo, Hauge et al. (2015) analisaram a aplicação desses princípios em um cenário de mudanças climáticas, demonstrando que, mesmo sem total domínio dos conceitos matemáticos envolvidos, os alunos conseguiram questioná-los criticamente, evidenciando o valor do conhecimento reflexivo para o exercício da cidadania crítica

UMA ABORDAGEM CRÍTICA DE MODELAGEM

A modelagem sociocrítica, uma abordagem da Educação Matemática Crítica, visa capacitar os alunos a analisarem criticamente questões sociais, econômicas e ambientais, utilizando a matemática como ferramenta para promover mudanças sociais (Abassian et al., 2020). Essa abordagem prioriza a análise crítica de problemas reais, como a gestão de resíduos ou o aumento global da temperatura, conectando a matemática a questões éticas e ecológicas (Skovsmose, 2023). Dessa forma, a modelagem sociocrítica permite que os estudantes compreendam o impacto de suas ações no mundo e desenvolvam uma consciência social e ambiental.

A importância da modelagem sociocrítica reside em sua capacidade de integrar a matemática ao cotidiano, tornando-a uma ferramenta emancipatória (Blum, 2015). Ao

abordar questões complexas, como o uso da inteligência artificial e seus impactos éticos, essa prática fomenta um pensamento crítico, ajudando os alunos a questionarem e a modificarem modelos matemáticos para alcançar objetivos práticos e sociais. Isso reforça o papel da matemática como uma ciência não neutra, essencial para promover uma sociedade mais justa e democrática (Blum, 2015; Skovsmose, 2023).

O processo de modelagem matemática, numa perspectiva sociocrítica, pode ser dividido em três fases principais (Lopes, 2023; Lopes, 2024) que são as seguintes:

1. *Discussão inicial*: Compreensão intuitiva do fenômeno e identificação das variáveis mais importantes;

2. D*esenvolvimento matemático*: Criação das equações que descrevem o fenômeno, resolução algébrica e elaboração de gráficos;

3. *Interpretação*: Análise dos resultados, ligando as soluções matemáticas ao problema real e promovendo uma discussão crítica sobre suas aplicações.

Essas etapas fundamentaram a prática da modelagem que está descrita na próxima seção.

Para concluir esta seção, discutem-se dois conceitos fundamentais que sustentam esta pesquisa, quais sejam, poder de ação e humanos-com-ChatGPT. No contexto educacional, poder de ação se refere à capacidade de indivíduos ou coletivos de tomarem decisões e agirem intencionalmente, influenciando diretamente o processo de construção do conhecimento (Borba et al., 2023). O conceito de coletivo de humanos-com-mídias, apresentado por Borba (2021), destaca que as tecnologias não são apenas ferramentas passivas, mas coautoras no processo de aprendizagem. Nesse sentido, o conceito de humanos-com-ChatGPT vai além, integrando a inteligência artificial diretamente à cognição humana de maneira colaborativa (Souto et al., 2025). Um exemplo claro ocorre quando, ao resolver problemas complexos, um aluno utiliza o ChatGPT para gerar hipóteses iniciais, refinando seu raciocínio com base nas sugestões da IA. Dessa forma, humanos e IA compartilham a responsabilidade na geração de ideias, na reestruturação de processos de pensamento e na ampliação das capacidades cognitivas. O uso do ChatGPT não

apenas potencializa a aprendizagem, mas também levanta questões críticas sobre dependência tecnológica, originalidade no processo criativo e o impacto dessas interações na autonomia dos alunos (Borba et al., 2023; Souto et al., 2025).

ASPECTOS METODOLÓGICOS

Na realização deste estudo adotou-se uma abordagem qualitativa para investigar a natureza do conhecimento produzido por estudantes ao utilizarem tecnologias como o ChatGPT em atividades colaborativas de modelagem (Lincoln & Guba, 1985). Os participantes eram estudantes do curso de graduação em engenharia de uma universidade localizada em Minas Gerais, Brasil, selecionados voluntariamente. O primeiro autor deste artigo era o professor responsável pela disciplina de Equações Diferenciais I, na qual ocorreram as atividades de modelagem. A turma, com 78 alunos, foi dividida em 15 grupos de 4 a 6 integrantes, escolhidos pelos próprios alunos. Cada grupo escolheu um tema para desenvolver um modelo matemático, utilizando a versão gratuita do ChatGPT 3.5. Os dados foram coletados por meio dos relatórios de modelagem, das apresentações realizadas em sala e de uma entrevista final semiestruturada, com perguntas como

- vocês acreditam que o modelo produzido é sempre fiel à realidade?
- acham que a matemática influencia questões sociais? De que forma e por quê?
- vocês acreditam que tecnologias como o ChatGPT e outras baseadas em IA podem influenciar a humanidade? De que forma? Podem alterar nossa percepção e interação com o mundo?

Quanto à produção dos dados, todas as apresentações e entrevistas em grupo focal (Creswell, 2012) foram documentadas por meio de gravações em áudio e notas de campo, que foram posteriormente transcritas para análise. A triangulação de dados foi realizada para cruzar as informações coletadas, aumentando a credibilidade da pesquisa ao buscar a convergência entre os dados, e não apenas sua inter-relação. Entre os trabalhos, um foi selecionado para ser apresentado e interpretado neste artigo, relacionando-o a elementos teóricos na análise dos dados (Lincoln & Guba, 1985).

Para a apresentação dos dados, foi selecionado um grupo que escolheu o tema "crescimento da população brasileira de bovinos". Esse grupo foi escolhido por ter interagido com o ChatGPT (ao contrário de alguns outros) e por apresentar, durante a entrevista, uma discussão que favoreceu o conhecimento reflexivo. Os cursos de engenharia representados no grupo foram Engenharia de Saúde e Segurança (dois alunos), Engenharia de Produção (dois alunos), Engenharia Elétrica (um aluno) e Engenharia Ambiental (um aluno).

PRODUZINDO UM MODELO COM AUXÍLIO DO CHATGPT

Como já ressaltado, a modelagem apresentada pelo grupo teve como tema o crescimento da população brasileira de bovinos. A seguir, a análise foi estruturada de acordo com os passos da modelagem sociocrítica propostos por Lopes (2023, 2024), além da inclusão dos conceitos de poder de ação e humanos-com-ChatGPT.

1. Discussão Inicial: Compreensão intuitiva do fenômeno

Na introdução do relatório (e na apresentação para a turma), o grupo propôs modelar o crescimento da população bovina brasileira, entre 1983 e 2000, utilizando dados de abate e crescimento populacional. Os dados foram retirados do Anuário da Pecuária Brasileira, ou Anualpec, principal referência para estatísticas das pecuárias de corte e leite no Brasil que, anualmente, oferece informações detalhadas sobre mercado, rebanhos, custos de produção e resultados econômicos. No primeiro passo da modelagem, os alunos buscaram uma compreensão intuitiva do fenômeno, identificando variáveis importantes, como a taxa de abate e a capacidade de suporte do ambiente.

2. Desenvolvimento Matemático: Criação das equações e resolução

A modelagem matemática foi estruturada para modelar o crescimento populacional, considerando fatores como a capacidade de suporte (K) e a taxa de crescimento intrínseca (ρ), que não é influenciado pelo tamanho (que é denotado por N_t). Trata-se, unicamente, da diferença entre as taxas de nascimento e de mortalidade

$$r(N_t) = \frac{\rho}{q}\left[1 - \left(\frac{N_t}{K}\right)^q\right]$$

da população em análise. O grupo utilizou o modelo de Richards, que é uma ferramenta utilizada para descrever a dinâmica populacional. A equação utilizada pelo grupo foi a seguinte:

O parâmetro ρ trata-se da capacidade de suporte da população, que é o ponto limite no qual a taxa de crescimento começa a diminuir. Isso é imposto pelo ambiente, devido à falta de alimentos e de espaço. O parâmetro q é um fator intrínseco à população, associado ao metabolismo dos animais; se for maior do que 1, resulta em uma queda suave; se for menor do que 1, resulta em uma queda rápida e, caso seja igual a 1, a queda é linear. Diferentes valores de q geram variados modelos.

Após a obtenção da equação, o grupo descreveu como seria o comportamento da evolução do modelo, tendo em vista possíveis variações dos parâmetros. Uma tabela publicada no Anualpec, com dados de números de animais e taxa de abate, de 1983 até 2000, foi utilizada para ilustrar o que foi obtido.

3. Interpretação: Análise crítica e aplicações reais

A análise final conduzida pelo grupo destacou a relevância da modelagem para o planejamento de recursos e a sustentabilidade ambiental, alinhando-se à terceira fase da modelagem. No entanto, observou-se que a interpretação dos resultados, que focou nas possíveis variações matemáticas da equação obtida, poderia ter sido ampliada para incluir uma discussão mais aprofundada e crítica sobre as repercussões sociais e econômicas decorrentes do aumento da população bovina, como o impacto nas economias locais, o desmatamento e a crise climática.

Adicionalmente, seria pertinente ponderar sobre como a matemática pode servir como instrumento para a promoção de políticas públicas que contemplem questões relacionadas à justiça social e à preservação ambiental, reforçando o entendimento de que ela é uma ciência não neutra, conforme ressaltado por Blum (2015).

Poder de ação dos seres-humanos-com-ChatGPT

O conceito de poder de ação, conforme Borba et al. (2023), refere-se à capacidade dos alunos de tomarem decisões intencionais durante a modelagem, influenciando a construção do conhecimento. No trabalho do grupo, houve uma demonstração de poder de ação, pois escolheram aplicar o modelo de Richards para descrever o

crescimento populacional e decidirem os parâmetros a serem utilizados. No entanto, poderia haver maior incentivo ao desenvolvimento de agência crítica, pela qual os alunos também questionam o impacto social, ambiental e outros de decisões matemáticas, explorando as implicações do crescimento populacional bovino além da técnica (Lopes & Borba, 2025).

A interação com o ChatGPT para complementar a modelagem ilustra o conceito de seres-humanos-com-ChatGPT (Souto et al., 2025). Apresentado como suporte para explicações e aprofundamentos sobre o crescimento populacional, o ChatGPT exemplifica a coautoria das tecnologias digitais no processo de aprendizagem ao demonstrar que pode ser utilizado de maneira eficiente para esclarecer conceitos relacionados à equação em estudo, além de auxiliar na interpretação dos resultados obtidos, evidenciando o comportamento da população ao longo do tempo. Em contrapartida, o grupo destacou limitações, como a incapacidade de resolver equações ou fornecer dados atualizados, sublinhando que o ChatGPT fornece uma abordagem complementar ao raciocínio crítico humano, e não um substituto.

Concluindo esta seção, notou-se que o grupo aplicou a modelagem matemática para descrever o crescimento da população bovina utilizando um modelo com o suporte do ChatGPT. No entanto, algumas melhorias poderiam ser feitas. O grupo poderia ter apresentado gráficos relacionados à equação dos fenômenos, em harmonia com os dados obtidos, e incluído informações mais recentes, até 2021 ou 2022. Para um melhor alinhamento com a perspectiva sociocrítica, seria necessário um maior aprofundamento nas questões associadas ao crescimento da população de bovinos, como as sociais, ambientais e éticas, bem como o desmatamento e as emissões de gases, as quais poderiam ter sido discutidas, como sugerido por Skovsmose (2023). Refletir sobre o impacto ambiental da pecuária e o papel da matemática na promoção de uma sociedade mais consciente e sustentável teriam fortalecido a análise.

EM SINTONIA COM O CONHECIMENTO REFLEXIVO

Com base na análise da transcrição da entrevista com o grupo, foi possível aplicar os passos (v) a (vii) do conhecimento reflexivo, propostos por Lopes (2023), e discutir

as implicações sociais, ambientais e econômicas da modelagem, assim como sua relação com a ideologia da certeza.

Passo (V): De que maneira a matemática interfere na situação?

Os participantes da entrevista reconheceram que a matemática pode não apenas descrever fenômenos, mas também influenciar a forma como as pessoas reagem a eles. Um exemplo disso é a referência feita por uma participante ao impacto de previsões meteorológicas sobre as decisões das pessoas quando mencionou que “as pessoas podem ser muito influenciadas por uma previsão” (Beatriz). Além disso, reconheceram que retratar a realidade por meio da matemática não é uma tarefa simples, conforme ilustram os seguintes trechos de entrevista:

> Um modelo pode simular, mas não acho que será sempre fiel à realidade. Existem muitos fatores que podem influenciar. Por exemplo, na modelagem de vigas, é preciso considerar o terreno e a região. O cálculo pode não ser plausível para todas as situações (relato de entrevista, Alana).
>
> Também acho. Há fenômenos sociais difíceis de mensurar. Às vezes, algo inesperado pode mudar completamente o que foi previsto (relato de entrevista, Beatriz).
>
> Concordo. Fenômenos naturais e a variabilidade humana podem fazer com que os cálculos não correspondam à realidade (relato de entrevista, Juliana).
>
> Usar apenas a lógica matemática é limitador. Misturar com estatísticas e outras questões pode levar a resultados mais próximos da realidade. Confiar apenas nos detalhes matemáticos pode não ser suficiente; é necessário usar parâmetros adicionais para obter algo mais realista e eficaz (relato de entrevista, Paulo).

Dessa forma, os participantes destacaram a dificuldade de garantir que os modelos matemáticos reflitam fielmente a realidade, como em fenômenos sociais imprevisíveis. Beatriz apontou que certas variáveis são difíceis de mensurar, enquanto Juliana observou que a variabilidade humana e os fenômenos naturais podem comprometer a precisão dos cálculos. Paulo sugeriu que a lógica matemática, isolada, pode limitar o modelo, defendendo a integração com estatísticas e outros parâmetros para resultados mais realistas. Esses pontos mostram que a aplicação da matemática é desafiada por variáveis complexas e não matemáticas, afetando a sua precisão.

Em contrapartida, no relatório produzido pelo grupo, não há uma discussão sobre como a matemática poderia interferir em questões sociais, ambientais ou econômicas no crescimento da população de bovinos no Brasil.

Passo (VI): Há outras formas de interpretar o problema?

A discussão ocorrida na entrevista revela que os alunos reconhecem a existência de outras formas de abordar problemas. Por exemplo, Paulo mencionou a importância de incorporar não apenas a lógica matemática, mas também “estatísticas e outras questões” para alcançar resultados mais próximos da realidade. Essa ideia é importante, pois sugere que a matemática pode ser complementada por outras abordagens para interpretar problemas de maneira mais abrangente, levando em consideração variáveis que a modelagem matemática pura pode não capturar. Beatriz, similarmente, sugeriu que o sucesso de um modelo depende “das variáveis consideradas e dos insumos disponíveis”, implicando que o contexto e as informações utilizadas na modelagem podem ser tão importantes quanto os cálculos em si.

Por outro lado, no relatório de modelagem e na apresentação do grupo, a discussão das limitações focou nas capacidades técnicas do ChatGPT, ressaltando o que ele é capaz ou não de fazer e suas implicações. A seção de discussão do modelo começou com a seguinte frase: “Discutiremos as possibilidades e limitações do ChatGPT como ferramenta (...)”. Dessa forma, notou-se que o grupo poderia ter discutido outras possibilidades de interpretação do fenômeno modelado.

Passo (VII): Quais são as repercussões sociais, ambientais e econômicas dessa abordagem?

A entrevista enfatizou o potencial impacto social e econômico dos modelos matemáticos, particularmente no que diz respeito à sua fidelidade à realidade e às consequências de seu uso. Beatriz mencionou alguns impactos.

> Acho que, uma vez que as pessoas veem o resultado, tendem a segui-lo. Como na previsão do tempo, por exemplo. Se dizem que vai chover, você se prepara, leva guarda-chuva e evita sair a pé. As pessoas são influenciadas por essas previsões. E isso pode variar muito mais em situações como política ou guerra, onde as implicações são bem maiores, mas a tendência é seguir o que foi dito (relato de entrevista, Beatriz).

O comentário da aluna destaca a influência e o impacto que a aplicação da matemática e de modelos matemáticos pode ter na vida das pessoas, atingindo questões mais amplas, como política ou guerra. O seguinte trecho de diálogo entre os integrantes do grupo ilustra outros aspectos percebidos sobre essa influência da matemática:

> Da mesma forma, podemos conectar a matemática com questões sociais ao relacioná-la a algo recente, como a reforma tributária (Pedro).
>
> Sim, acredito que, como estávamos falando, [a matemática] pode nos ajudar a tomar decisões. É como na política: fazemos os cálculos e muitas pessoas seguem a maioria, dizendo "já está ganho" ou "já está assim mesmo". Isso também se aplica às previsões e ao planejamento. As pessoas preveem tendências e, às vezes, acreditam nelas. Acho que isso influencia nas questões sociais (Alana).
>
> Exatamente, como na reforma tributária. Imagine que você tem milhões na conta e paga os mesmos juros que alguém que ganha 30 mil reais por ano e paga imposto de renda. Quando fazemos um cálculo justo, vemos que quem tem *jet ski*, iate e outros bens não paga imposto sobre eles, mas quem tem um carro simples paga. Isso é mais impactante para quem ganha 30 mil e paga imposto sobre um carro do que para quem tem milhões e um iate. A matemática influencia sim e deveria tornar tudo mais justo. Se você ganha 2.500 reais por mês, paga imposto de renda, mas quem tem um iate de 2 milhões não paga, esse dinheiro poderia ser usado para outras coisas (Pedro).

A discussão sobre a reforma tributária e a distribuição desigual de impostos destaca as repercussões econômicas. Pedro enfatizou que a matemática utilizada nos cálculos tributários influencia diretamente a justiça social, podendo perpetuar ou corrigir desigualdades, dependendo de sua aplicação. Ele ressaltou que um cálculo injusto de impostos afeta desproporcionalmente as pessoas de renda mais baixa, evidenciando que a escolha das variáveis e dos métodos nos modelos matemáticos pode carregar viés e impactar decisões econômicas e sociais.

Em seguida, o diálogo da entrevista focou em tecnologias de IA. No trecho de entrevista a seguir, após a última pergunta, observa-se as percepções desses alunos sobre a influência de tecnologias como o ChatGPT.

Essa pergunta é interessante. Ontem mesmo, voltando da formatura de um dos meninos aqui de casa, estávamos de Uber falando sobre o ChatGPT. O motorista comentou como o Google Maps hoje torna tudo mais fácil. Antes, os taxistas sabiam os caminhos de cabeça, agora eles só seguem o GPS. Não acho que isso seja ruim;

depende de como usamos a ferramenta. Pode nos ajudar a buscar informações rapidamente, mas precisamos regulamentar para não atrapalhar o desenvolvimento das pessoas (relato de entrevista, Pedro).

> Sim, o ChatGPT deve ser usado como ferramenta complementar, não como fonte principal (relato de entrevista, Alana).
>
> O ChatGPT é uma coisa que veio para melhorar, mas tem perguntas que ele não responde de modo certo. As pessoas estão confiando 100% nele, mas o ChatGPT não é 100% confiável! (relato de entrevista, Beatriz)
>
> Pedro: Exato, é isso mesmo.

Em síntese, os participantes da entrevista mostraram uma compreensão dos impactos sociais e econômicos das aplicações matemáticas, alinhando-se com os últimos passos do conhecimento reflexivo, ao destacar como os modelos matemáticos podem moldar tanto decisões individuais quanto estruturas sociais mais amplas.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados apresentam uma tensão constitutiva no processo de modelagem com o auxílio do ChatGPT; ao mesmo tempo em que certos movimentos reforçam traços da ideologia da certeza, outros produzem deslocamentos que favorecem a manifestação do conhecimento reflexivo.

Modelagem, formalização e a atualização da ideologia da certeza

No desenvolvimento matemático do grupo, observou-se, inicialmente, um alinhamento com a ideologia da certeza, entendida como a crença na neutralidade, na objetividade e na racionalidade da matemática (Skovsmose, 2019). A escolha do modelo de Richards, a explicitação dos parâmetros e o uso de dados do Anualpec conferiram ao trabalho uma aparência de rigor técnico que tende a posicionar a matemática como representação privilegiada do fenômeno.

Tal movimento ecoa as premissas segundo as quais a matemática não necessitaria de validação empírica e apresentaria aplicabilidade universal (Borba, 1992; Borba & Skovsmose, 1997). A centralidade da equação e das variações paramétricas, somada ao foco nas capacidades técnicas do ChatGPT, sugere uma concepção em que o modelo matemático, potencializado pela IA, adquire estatuto de

discurso racional ampliado. Nesse contexto, a mediação tecnológica pode reforçar a ideologia da certeza ao intensificar a percepção de objetividade e eficiência.

Além disso, a discussão do grupo concentrou-se, no relatório, nas “possibilidades e limitações do ChatGPT como ferramenta”, deslocando a problematização para o desempenho técnico da IA, e não para os critérios sociais e políticos implicados na escolha do modelo. Essa ênfase tende a preservar a autoridade da matemática, mantendo-a relativamente imune a questionamentos mais amplos — exatamente o efeito criticado pela Educação Matemática Crítica (Araújo, 2012; Lopes, 2023).

Emergência do conhecimento reflexivo: Fissuras na neutralidade

Entretanto, as entrevistas revelaram um movimento distinto. Ao afirmarem que “um modelo pode simular, mas não será sempre fiel à realidade” e que “usar apenas a lógica matemática é limitador”, os estudantes explicitaram a contingência dos modelos. Eles reconheceram a presença de variáveis difíceis de mensurar, a imprevisibilidade de fenômenos sociais e naturais e a necessidade de integrar outros referenciais.

Essas falas configuram manifestações do conhecimento reflexivo, entendido como a capacidade de avaliar circunstâncias e efeitos sociais ligados ao uso do conhecimento matemático e tecnológico (Skovsmose, 2014; Lopes, 2023). Ao discutirem previsões meteorológicas, decisões políticas e reforma tributária, os estudantes evidenciam que a matemática interfere na realidade, moldando comportamentos e influenciando estruturas sociais.

Nesse ponto, enfraquece-se o pilar da neutralidade; a matemática deixa de ser observadora imparcial e passa a ser reconhecida como prática social situada. Ao reconhecerem que diferentes variáveis e escolhas metodológicas produzem impactos desiguais — como no exemplo da tributação —, os estudantes tensionam a objetividade absoluta e explicitam implicações éticas e econômicas do cálculo matemático. Tal movimento aproxima-se da concepção freireana de conscientização como ato político e epistemológico (Freire, 2011), articulada, no campo da Educação Matemática, ao desenvolvimento de cidadania crítica (Lopes, 2025b).

Assim, a manifestação do conhecimento reflexivo opera como contrapeso à ideologia da certeza ao introduzir dúvida, contextualização e responsabilidade no uso da matemática.

Poder de ação e seres-humanos-com-ChatGPT: Mediação sociotécnica em disputa

A análise ganha densidade quando se considera o coletivo de humanos-com-ChatGPT (Borba et al., 2024; Souto et al., 2025). O modelo não é produto exclusivo dos estudantes nem da IA, mas de uma coautoria sociotécnica. O poder de ação, entendido como a capacidade de tomar decisões intencionais que influenciam a construção do conhecimento (Borba et al., 2023), distribui-se nesse coletivo híbrido.

O grupo exerceu poder de ação ao escolher o modelo, definir parâmetros e interpretar resultados. Contudo, ao recorrer ao ChatGPT para explicações conceituais, incorporou à cognição um agente que reorganiza possibilidades discursivas e interpretativas (Borba et al. 2024; Souto et al., 2025). A IA não atua como ferramenta neutra, mas como coautora que participa da configuração do raciocínio.

Essa mediação pode reforçar a ideologia da certeza ao produzir respostas estruturadas e aparentemente completas, intensificando a confiança na racionalidade técnica. No entanto, os próprios estudantes reconheceram limitações do ChatGPT — dados desatualizados, respostas incorretas, necessidade de uso complementar. Ao afirmarem que não se deve confiar “100%” na ferramenta, introduziram uma postura reflexiva que desestabiliza tanto a certeza matemática quanto uma possível certeza algorítmica.

A manifestação do conhecimento reflexivo, nesse cenário, inclui a problematização da própria IA. Ao reconhecer sua falibilidade, os estudantes reconfiguram o poder de ação: a decisão final permanece sob responsabilidade humana, ainda que mediada tecnologicamente. Esse deslocamento impede que a autoridade seja integralmente transferida ao algoritmo.

Condições e limites da criticidade

Os dados indicam que o conhecimento reflexivo não emerge automaticamente da modelagem nem do uso da IA. Sua manifestação esteve associada a momentos

dialógicos, especialmente na entrevista, quando os estudantes foram instados a refletir sobre impactos sociais, econômicos e políticos. A fase de interpretação, central na modelagem sociocrítica (Lopes, 2023, 2024), mostrou-se condição privilegiada para tais deslocamentos.

Entretanto, o relatório final revelou limites: a discussão sobre desmatamento, emissões e implicações ambientais do crescimento da pecuária permaneceu incipiente, apesar de tais dimensões serem coerentes com a abordagem sociocrítica num primeiro contato com a modelagem (Skovsmose, 2023). Isso pode indicar que a ideologia da certeza pode persistir mesmo diante de indícios de criticidade, sobretudo quando a formalização matemática ocupa o centro do processo.

Ademais, o risco de dependência tecnológica, já problematizado na literatura sobre IA na educação (Wardat et al., 2023; Souto et al., 2025), permanece presente. A rapidez e a fluidez das respostas do ChatGPT podem reduzir o espaço de problematização se não houver intencionalidade crítica explícita.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados sugerem que o conhecimento reflexivo contribui para se contrapor a ideologia da certeza ao deslocar o foco da validade interna do modelo para suas condições de produção, suas mediações sociotécnicas e suas repercussões sociais. Em contextos de seres-humanos-com-ChatGPT, esse deslocamento exige reconhecer que a matemática é construção humana, histórica e situada (Lopes, 2023), e que a IA integra novas ecologias cognitivas que redistribuem o poder de ação.

A contribuição conceitual deste estudo reside em evidenciar que a IA não determina, por si, nem a reprodução da ideologia da certeza nem sua superação. O que se mostra decisivo é a manifestação do conhecimento reflexivo — isto é, a capacidade de questionar a neutralidade, problematizar impactos e reconhecer a coautoria sociotécnica do conhecimento. Quando tal conhecimento se manifesta, a matemática deixa de operar como instância indiscutível e passa a ser compreendida como prática social implicada em decisões éticas, econômicas e políticas.

REFERÊNCIAS

Abassian, A, Safi, F., Bush, S. & Bostic, J. (2020). Five different perspectives on mathematical modeling in mathematics education. *Investigations in Mathematics Learning*,12(1), 53-65. https://doi.org/10.1080/19477503.2019.1595360

Araújo, J. L. (2012). Ser crítico em projetos de modelagem em uma perspectiva crítica de educação matemática. *Bolema*, 26(43), 839-859.

Blum, W. (2015). Quality teaching of mathematical modelling: What do we know, what can we do? In S. J. Cho (Ed.), *Proceedings of the 12th international congress on mathematical education* (pp. 73–96). Springer. ICME

Borba, M. C. (1992). Teaching Mathematics: Challenging the Sacred Cow of Mathematical Certainty. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 65(6), 332–333. https://doi.org/10.1080/00098655.1992.10114236

Borba, M. C. (2021). The future of mathematics education since COVID-19: humans-with-media or humans-with-non-living-things. *Educational Studies in Mathematics* 108(1-2), 385–400. https://doi.org/10.1007/s10649-021-10043-2

Borba, M. C., & Skovsmose, O. (1997). Ideology of certainty in mathematics education. *For the Learning of Mathematics*, 17(3), 17–23.

Borba, M. C., Souto, D. L. P., Cunha, J. F. T., & Domingues, N. S. (2023). Humans-with-media: Twenty-five years of a theoretical construct in mathematics education. In B. Pepin, G. Gueudet, & J. Choppin (Eds.), *Handbook of Digital Resources in Mathematics Education* (Springer International Handbooks of Education, pp. 1–23). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-95060-6_7-1

Creswell, J. W. (2012). *Educational research: Planning, conducting and evaluating quantitative and qualitative research* (4th ed.). Pearson.

Freire P. Educação como prática da liberdade. 34ª ed. São Paulo: Paz e Terra; 2011.

Hauge, K. H., Sørngård, M. A., Vethe, T. I., Bringeland, T. A., Hagen, A. A., & Sumstad, M. S. (2015). Critical reflections on temperature change. In: K. Krainer & N. Vondrová (Eds.), *Proceedings of the Ninth Conference of the European Society for Research in Mathematics Education* (CERME9, 4-8 February 2015) (pp. 1577-1583). Prague, Czech Republic.

Kerruish, E. (2024). Postdigital Teaching of Critical Thinking in Higher Education: Non-Instrumentalised Sociality and Interactivity. *Postdigital Science and Education*. https://doi.org/10.1007/s42438-024-00456-6

Lincoln, Y. S., & E. G. Guba. (1985). *Naturalist Inquiry*. Newbury Park, CA: Sage.

Lopes, A. P. C. (2023). Contrapondo a ideologia da certeza por meio do conhecimento reflexivo na modelagem matemática. *Bolema: Boletim De Educação Matemática*, 37(77), 936–957. https://doi.org/10.1590/1980-4415v37n77a01

Lopes, A. P. C. (2024). Uma pedagogia de apoio para condução de modelagem matemática de forma remota. *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, *20*(45), 108-125.

Lopes, A. P. C. (2025a). Pensamento crítico em modelagens com equações diferenciais: uma análise pela taxonomia MATH. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 16(1), 1–24. https://doi.org/10.26843/rencima.v16n1a12

Lopes, A. P. C. (2025b). Mathematical modelling: a methodology favourable to the manifestation of critical mathematics consciousness. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, *56*(10), 1934–1963. https://doi.org/10.1080/0020739X.2024.2378191

Lopes, A. P. C., & Borba, M. C. (2025). Agência matemática crítica na produção de modelos matemáticos com IA. *Areté (Manaus)*, 24, 1–25.

Morais, M. S. de, Reis, F. S., & Lopes, A. P. C. (2025). A criticidade em Modelagem na Educação Matemática: Vozes das pesquisas. *Revemop*, 7, e2025010. https://doi.org/10.33532/revemop.e2025010

Skovsmose, O. (2014). Reflective Knowledge: Its Relation to the Mathematical Modeling Process. In B. Sriraman (Ed.), *Critique as Uncertainty* (pp. 263-280). Information Age Publishing.

Skovsmose, O. (2019). Crisis, Critique and Mathematics. *Philosophy of Mathematics Education Journal*, Aalborg, 35, 1-16.

Skovsmose, O. (2023). *Critical mathematics education*. Springer Cham.

Souto, D. L. P., Cunha, J. F. T., & Borba, M. C. (2025). *Inteligência artificial em educação matemática* (Vol. 1). Autêntica.

Tidwell, W. & Bennett, A. (2024). Undergraduate Mathematics Students Question and Critique Society Through Mathematical Modeling. *Journal of Humanistic Mathematics*, 14(1), 168-195.

Wardat, Y., Tashtoush, M. A., AlAli, R., & Jarrah, A. M. (2023). ChatGPT: A revolutionary tool for teaching and learning mathematics. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *19*(7), em2286.