

Análise de dados sobre CO₂ e temperatura global: Formação em Estatística aplicada às Mudanças Climáticas

Greiton Toledo de Azevedo

Instituto Federal Goiano

Goiânia, GO — Brasil

✉ greiton.azevedo@ifgoiano.edu.br

 0000-0002-2681-1915

Resumo: Esta pesquisa investigou como a análise de dados sobre o aumento do CO₂ e da temperatura global, mediada por planilhas digitais, contribui para a compreensão das mudanças climáticas e para o desenvolvimento de habilidades matemático-estatísticas e computacionais em estudantes do Ensino Médio. Trata-se de uma pesquisa de natureza qualitativa, desenvolvida no IF Goiano, a partir de dados públicos disponibilizados por instituições científicas. Os estudantes realizaram processos investigativos de observação, tratamento, modelagem e interpretação de dados climáticos reais, utilizando planilhas digitais. A análise dos dados combinou estatística descritiva e análise de conteúdo de natureza temática, possibilitando a identificação de padrões de aprendizagem e de interpretação dos dados. Os resultados indicam avanços na leitura crítica de dados, na automatização de cálculos e na compreensão da relação entre CO₂ e temperatura, além de maior conscientização ambiental. A atividade favoreceu a superação de visões deterministas, promovendo uma compreensão sistêmica das mudanças climáticas e uma postura científica mais ativa. Conclui-se que a integração de dados reais e ferramentas digitais potencializa o desenvolvimento de competências estatístico-computacionais e a reflexão crítica sobre questões ambientais.

Palavras-chave: Estatística. Google Planilhas. Dados Ambientais. Pensamento Computacional.

Data Analysis on CO₂ and Global Temperature: Education in Statistics Applied to Climate Change

Abstract: This study investigated how the analysis of data on the increase in CO₂ concentration and global temperature, mediated by digital spreadsheets, contributes to the understanding of climate change and to the development of mathematical, statistical, and computational skills among secondary school students. It is a qualitative–quantitative study developed at IF Goiano, based on public data provided by scientific institutions. Students engaged in investigative processes of observation, data processing, modeling, and interpretation of real climate data using digital spreadsheets. Data analysis combined descriptive statistics and thematic content analysis, enabling the identification of patterns of learning and data interpretation. The results indicate advances in critical data reading, automation of calculations, and understanding of the relationship between CO₂ and temperature, as well as increased environmental awareness. The activity fostered the overcoming of deterministic views, promoting a systemic understanding of climate change and a more active scientific stance. It is concluded that the integration of real data and digital tools enhances the development of statistical–computational competencies and critical reflection on environmental issues.

Keywords: Statistics. Google Sheets. Environmental Data. Computational Thinking.



2238-0345 

10.37001/ripem.v16i1.4647 

Recebido • 15/06/2025

Aprovado • 09/02/2026

Publicado • 20/02/2026

Editoria • Edvonete Souza de Alencar 

Veridiana Rezende 

Análisis de datos sobre CO₂ y temperatura global:

Formación en Estadística aplicada al Cambio Climático

Resumen: Este estudio investigó cómo el análisis de datos sobre el aumento de la concentración de CO₂ y de la temperatura global, mediado por hojas de cálculo digitales, contribuye a la comprensión del cambio climático y al desarrollo de habilidades matemáticas, estadísticas y computacionales en estudiantes del tercer año de la educación secundaria. Con un enfoque cualitativo-cuantitativo, la investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Invenciones Científico-Tecnológicas del IF Goiano, utilizando datos de acceso público provenientes de instituciones científicas. Los estudiantes participaron en procesos investigativos de tratamiento, modelización e interpretación de datos climáticos reales mediante el uso de hojas de cálculo digitales. El análisis de los datos combinó estadística descriptiva y análisis de contenido de carácter temático, lo que permitió identificar patrones de aprendizaje y de interpretación de los datos. Los resultados indican avances en la alfabetización crítica de datos, en la automatización de cálculos y en la comprensión de la relación entre el CO₂ y la temperatura, además de un aumento de la conciencia ambiental. La actividad favoreció la superación de visiones deterministas, promoviendo una comprensión sistémica del cambio climático y una postura más activa desde una perspectiva científica. Se concluye que la integración de datos reales y herramientas digitales potencia el desarrollo de competencias estadístico-computacionales y la reflexión crítica sobre cuestiones ambientales.

Palabras clave: Estadística. Datos Ambientales. Pensamiento Computacional.

1 Introdução

Compreender a relação entre o aumento da concentração de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera e o aquecimento global é essencial para fortalecermos, no Ensino Médio, uma formação que articule o conhecimento matemático às questões ambientais contemporâneas. Desde 1958, os dados do Observatório de *Mauna Loa* revelam um crescimento contínuo nos níveis de CO₂, acompanhado por um aumento médio de aproximadamente 1,8 °F na temperatura global desde o final do século XIX (Keeling *et al.*, 1976; IPCC, 2021; NOAA, 2023; NASA, 2024). Esse fenômeno está relacionado à intensificação de eventos climáticos extremos, à elevação do nível dos oceanos e à perda acelerada da biodiversidade. Diante desse cenário, defendemos a importância de integrar o ensino de Estatística à análise de dados ambientais reais, a fim de promover competências voltadas à leitura crítica de evidências e à interpretação de fenômenos com base em informações quali-quantitativas em sala de aula.

Apesar da crescente urgência em problematizar o ensino de Estatística no Ensino Médio a partir de questões ambientais, observa-se uma lacuna significativa na produção acadêmica quanto à integração sistemática de dados empíricos e ferramentas digitais nesse nível educacional. Essa carência é particularmente evidente na articulação entre competências estatístico-computacionais e reflexões críticas sobre fenômenos ambientais, como apontam estudos recentes (Monte & Carvalho, 2018; Santos & Coutinho, 2020; Netto & Bessegato, 2021; Ferreira & Lopes, 2024; Pariz, 2019; Gonçalves *et al.*, 2023).

A Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018) reforça essa necessidade ao orientar a formação dos estudantes para que sejam capazes de interpretar dados reais, identificar padrões, resolver problemas e fundamentar argumentos com base em evidências matemáticas aplicadas a situações concretas. Contudo, a prática pedagógica vigente, conforme evidenciado na literatura, permanece marcada por abordagens predominantemente mecânicas, dissociadas

do contexto socioambiental e incapazes de promover uma investigação científica e crítica. O desafio educacional consiste, portanto, em desenvolver espaços de aprendizagem que permitam aos estudantes apreender relações complexas — como a correlação entre o aumento da concentração de CO_2 e a elevação da temperatura global — por meio da análise crítica e dinâmica de dados reais, gráficos e tabelas, ultrapassando a mera reprodução de procedimentos mecânicos e promovendo uma atuação reflexiva e contextualizada.

Diante disso, formulamos a seguinte questão de pesquisa: *de que forma a análise de dados sobre o aumento do CO_2 e da temperatura global, por meio do Google Planilhas, contribui para a compreensão das mudanças climáticas e para o desenvolvimento de habilidades matemáticas e estatísticas entre estudantes do 3º ano do Ensino Médio Integrado em Informática?* O objetivo geral é *investigar como a análise de dados sobre o aumento do CO_2 e da temperatura global, com uso de planilhas digitais, contribui para a compreensão das mudanças climáticas e para o desenvolvimento de habilidades matemáticas e estatísticas entre estudantes do Ensino Médio.*

Para alcançar esse objetivo, desenvolvemos um projeto com 30 estudantes, intitulado Estatística na Prática, adotando uma abordagem quali-quantitativa (Creswell & Plano Clark, 2018). A intervenção didática consistiu em quatro encontros de 60 minutos, realizados no laboratório de informática de um campus do Instituto Federal Goiano. Durante as atividades, os estudantes manipularam dados públicos e atualizados de instituições como IPCC, NOAA e NASA, construíram séries temporais, calcularam médias e variações percentuais, projetaram tendências com modelos lineares e elaboraram gráficos combinados utilizando o *Google Planilhas*. A coleta de dados foi realizada por meio de questionários aplicados via *Google Forms*, registros fotográficos, diário de campo e artefatos digitais produzidos pelos alunos.

Utilizamos a triangulação de dados como estratégia metodológica para validação cruzada e aprofundamento interpretativo dos resultados, integrando aspectos qualitativos e quantitativos. A análise dos dados é estruturada a partir de dois eixos teóricos fundamentais: pensamento computacional e Educação Matemática Crítica. Esses referenciais teóricos orientam a reflexão sobre a potencialidade da articulação entre matemática, tecnologia e contexto socioambiental na promoção de aprendizagens e no desenvolvimento da consciência crítica dos estudantes. Com base nisso, prosseguimos para a apresentação da fundamentação teórica que sustenta a presente investigação.

2 Referencial Teórico

A crescente complexidade dos desafios socioambientais impõe ao processo de formação em Matemática de estudantes do Ensino Médio a necessidade de ampliar suas abordagens para além do domínio técnico dos conteúdos curriculares. Compreender a relação entre o aumento da concentração atmosférica de dióxido de carbono (CO_2) e o aquecimento global exige um trabalho educativo que integre criticamente saberes matemáticos, tecnológicos e ambientais, promovendo o desenvolvimento de competências analíticas, reflexivas e socialmente comprometidas. Nesse contexto, dois eixos teóricos estruturam esta pesquisa: o *Pensamento Computacional (PC)* e a *Matemática Crítica*.

A concepção de Pensamento Computacional (PC) configura-se como um modo de pensar que integra lógica, criatividade e experimentação na formulação de problemas e na criação de soluções intelectualmente elaboradas para a sociedade. Essa perspectiva, desenvolvida por Seymour Papert (1980; 1996; 2008), rompe com a noção reducionista de que

o PC se resume ao uso de computadores ou à programação de códigos. Em vez disso, propõe uma abordagem que valoriza a construção do conhecimento por meio da modelagem conceitual e da autoria, com aplicações que extrapolam a Computação e alcançam áreas como a Estatística. Ao defender a inserção das tecnologias digitais no cotidiano escolar, Papert enfatizava a importância de ambientes de aprendizagem que estimulem a inventividade, a autonomia e o protagonismo intelectual dos estudantes.

A noção de Pensamento Computacional (PC) vem sendo progressivamente consolidada como uma competência cognitiva transversal, centrada na formulação de problemas e na construção de soluções passíveis de representação, automação e aplicação em múltiplos contextos (Wing, 2011, Azevedo, 2022). Essa abordagem desloca o foco da tecnologia como mera ferramenta operacional para uma ênfase no raciocínio estratégico e na modelagem estruturada de situações complexas. Nesse sentido, diferentes instituições, como a *International Society for Technology in Education* (ISTE, 2014) e a *Sociedade Brasileira de Computação* (SBC, 2023), reconhecem o PC como um processo sistemático de resolução de problemas, sustentado por práticas como abstração, decomposição, reconhecimento de padrões e automação, ampliando seu escopo para além da computação e consolidando sua relevância na formação intelectual dos estudantes.

A abordagem contemporânea do Pensamento Computacional (PC) evidencia seu potencial formativo no desenvolvimento de habilidades criativas e analíticas, especialmente no que se refere à leitura, interpretação e representação de dados empíricos. Essa perspectiva compreende o PC como uma prática que estimula a criatividade e o reconhecimento de padrões complexos, ampliando as possibilidades de representação significativa das informações (Resnick, 2017). A sistematização de regularidades e a decomposição de tarefas tornam-se centrais para simplificar problemas complexos e promover aprendizagens mais significativas e ativas (Sheldon, 2017; Barba, 2016). No campo da Educação Matemática, Azevedo (2022) concebe o Pensamento Computacional como uma abordagem epistemológica que reconhece os estudantes como sujeitos intelectuais capazes de interpretar o mundo e propor soluções por meio da invenção científico-tecnológica, potencializando novas formas de aprender e representar problemas, inclusive aqueles relacionados a fenômenos sociais e ambientais.

A concepção teórica do PC fundamenta as atividades investigativas desenvolvidas nesta pesquisa, nas quais os estudantes, ao utilizarem planilhas eletrônicas e analisar dados climáticos reais — como os divulgados por instituições científicas internacionais (NASA, 2024) —, constroem, interpretam, analisam e propõem soluções para problemas relacionados à crise climática. As habilidades mobilizadas nesse processo transcendem o uso instrumental das tecnologias, configurando-se como práticas investigativas que favorecem a construção de significados e a formação de sujeitos críticos e reflexivos.

Em diálogo com os fundamentos do PC, a Educação Matemática Crítica oferece uma base teórica sólida para compreender o ensino e a aprendizagem como práticas políticas, culturais e não neutras, voltadas à formação de sujeitos capazes de interpretar, problematizar e transformar realidades marcadas por desafios sociais, em especial ambientais. Nessa perspectiva, a matemática é concebida como linguagem que ultrapassa o domínio técnico, sendo instrumento de leitura crítica do mundo. Essa abordagem, conforme delineada por Skovsmose (2001, 2008, 2021), estrutura-se em três dimensões interdependentes: a leitura do mundo (interpretação de contextos sociais), a leitura matemática (modelagem) e a ação (intervenção reflexiva na realidade). Em um cenário de intensificação da crise climática, essa tríade se revela particularmente pertinente, ao orientar propostas que articulem criticidade, análise de dados e

engajamento social.

A importância do letramento estatístico para a formação cidadã é reforçada por D'Ambrosio (2004), ao destacar que a capacidade de interpretar criticamente dados numéricos, tabelas e gráficos é essencial na vida cotidiana. Nesse sentido, a formação em estatística no Ensino Médio deve ir além da mera transmissão de conteúdos técnicos, promovendo a compreensão dos fenômenos e das estruturas que organizam a sociedade. Tal abordagem contribui para o desenvolvimento de uma postura crítica e ética por parte dos estudantes, ampliando sua capacidade de participação consciente. Embora apresente fragilidades, a Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018), em consonância com essas perspectivas teóricas, afirma a centralidade da Educação Estatística e do uso de tecnologias digitais na formação do educando, preconizando o desenvolvimento de competências que articulem conhecimentos matemáticos, computacionais, argumentação lógica, pensamento crítico e resolução de problemas em contextos reais. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (BRASIL, 1996) também respalda esse direcionamento ao defender o preparo dos estudantes para o exercício da cidadania, com ênfase no domínio das tecnologias e na autonomia.

Neste estudo, a convergência entre o PC e a Matemática Crítica é abordada por meio de uma proposta teórico-reflexiva que se apoia na análise de dados climáticos provenientes de fontes científicas reconhecidas, como IPCC (2023), NASA (2024) e NOAA (2024), processados por meio de ferramentas digitais, em especial o *Google Planilhas*, no contexto da aprendizagem matemática. Dessa forma, os estudantes são convidados a posicionar-se diante de dados reais, refletindo criticamente sobre sua inserção na dinâmica ambiental global, consolidando a matemática integrada à computação como um instrumento para a leitura e a transformação do mundo. Em suma, os aportes do PC e da Educação Matemática Crítica oferecem o suporte epistemológico necessário para a análise dos dados empíricos desta pesquisa. Ambos sustentam a elaboração de propostas pedagógicas alinhadas aos desafios do presente, comprometidas com a formação de sujeitos capazes de agir de forma ética, crítica e transformadora nas diversas esferas da vida social e ambiental.

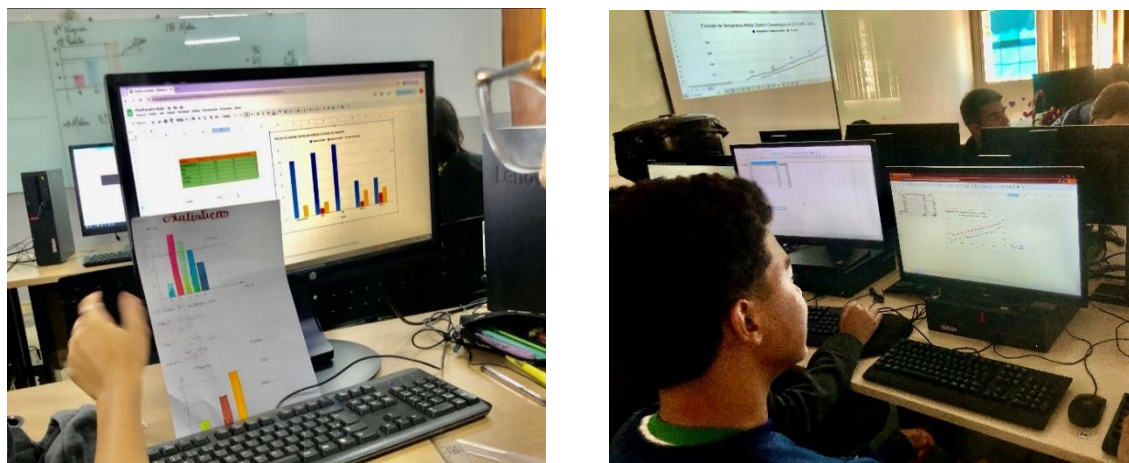
3 Percorso Metodológico

Esta pesquisa, de abordagem quali-quantitativa (método misto), investigou como a análise de dados sobre o aumento do CO₂ e da temperatura global, mediada por planilhas digitais, contribui para a compreensão das mudanças climáticas e para o desenvolvimento de habilidades matemáticas e estatísticas (Creswell & Plano Clark, 2018). A escolha dessa abordagem mista permite integrar dados quantitativos e qualitativos, enriquecendo a compreensão dos fenômenos educacionais. A investigação foi conduzida no primeiro semestre de 2025 com 30 estudantes do 3º ano do curso técnico em Desenvolvimento de Sistemas integrado ao Ensino Médio no Instituto Federal Goiano. Os participantes, com idades entre 15 e 17 anos, apresentavam, em sua grande maioria, bom desempenho em matemática e interesse por projetos que envolvessem tecnologia. Parte já possuía familiaridade com planilhas digitais e programação. As atividades ocorreram em quatro encontros de 90 minutos no Laboratório de Inovações Criativo-Tecnológicas, com acesso individual a computadores conectados à internet.

Utilizamos como base empírica dados públicos de fontes reconhecidas, como IPCC (2023), NOAA (2023) e NASA (2024), focando na série temporal da NASA entre 2000 e 2004, com registros de temperatura média global e concentração de CO₂. As atividades investigativas foram estruturadas a partir de questões norteadoras que estimularam o raciocínio analítico e a articulação entre matemática e dados reais. Durante os encontros, os estudantes, organizados

em duplas ou trios, utilizaram o Google Planilhas para calcular médias, medidas de dispersão, variações percentuais (crescimentos e decrescimentos), construir gráficos com dois eixos verticais (temperatura em °C e CO₂ em ppm), interpretar os resultados e projetar modelos com base nos dados. Como ilustrado na Figura 1, as atividades foram realizadas no laboratório de informática, com foco na análise de dados climáticos.

Figura 1: Momentos dos estudantes trabalhando com estatística no Google Planilhas: à esquerda, revisão com dados fictícios; à direita, análise com dados reais (NASA, 2024).



Cf.: Link da planilha de trabalho (CO₂ – °C): https://docs.google.com/spreadsheets/d/1oFzvF8WZJN9LI6STYQ9Fc_ERpCfNVjb_IJJ2oMVuYZA/edit?usp=sharing

Fonte: dados da pesquisa (2025).

Na imagem à esquerda (primeiro encontro), observa-se uma atividade de revisão, retomando conceitos estatísticos já abordados em sala de aula, como porcentagens, média, mediana, medidas de dispersão e interpretação de gráficos (pizza e linha). Os estudantes resolveram problemas contextualizados e esboçaram representações com dados fictícios, consolidando os conteúdos de Matemática. Na imagem à direita (segundo encontro), evidencia-se o avanço da atividade com a introdução de dados reais da NASA (2000–2024), organizados digitalmente. A partir dessas informações, os estudantes esboçaram gráficos combinados, como a correlação entre concentração de CO₂ e temperatura média global (°C), alteraram as amplitudes das escalas, fizeram análises percentuais reflexivas. Alguns desses conteúdos trabalhados em sala de aula podem ser observados na tabela 1.

Tabela 1: Aplicação das fórmulas matemáticas no contexto da investigação

Procedimento	Fórmula Utilizada	Aplicação no Planilhas	Finalidade
Variação percentual	$\frac{final - inicial}{inicial} \times 100$	$= (C7 - C2)/C2 * 100$	Quantificar o crescimento de CO ₂ e °C
Média aritmética	$\frac{\sum_{i=0}^n xi}{n}$	$= MÉDIA(C2: C7)$	Obter média de CO ₂ ou °C em determinado período
Projeção linear para 2030	$y = y0 + \frac{y1 - y0}{x1 - x0} (x - x0)$	$= C7 + (C7-C2)/(A7-A2)*(2030-A7)$	Estimar o valor futuro com base no crescimento passado

Fonte: dados da pesquisa.

Com base nessas operações, conforme apresentado na Tabela 1, os estudantes puderam quantificar o crescimento do CO₂ e da temperatura, além de estimar valores futuros, ampliando a compreensão dos fenômenos estudados. Para aprofundar a compreensão dos processos de aprendizagem e dos significados atribuídos, adotamos a *Triangulação de Dados* (Creswell & Plano Clark, 2013) por meio de múltiplos instrumentos, garantindo a validação cruzada dos dados: diário de campo do professor-pesquisador, observações participantes (anotações e registros audiovisuais), registros digitais sistemáticos (arquivos), materiais produzidos pelos estudantes (gráficos, planilhas, análises) e questionário digital pós-atividade (*Google Forms*), com itens sobre o uso de fórmulas, interpretação de dados e percepção do valor social.

A produção de dados ocorreu de forma contínua, contemplando o planejamento, os testes práticos e as análises posteriores às atividades. Para isso, utilizamos diversos instrumentos, condensados para melhor clareza: o diário de campo do professor-pesquisador registrou sistematicamente as interações, estratégias, decisões e dificuldades observadas durante os encontros; as observações participantes, feitas por meio de anotações em caderno e registros audiovisuais, captaram aspectos espontâneos e as dinâmicas do grupo; além disso, foram coletados registros dos diálogos espontâneos durante o processo de aprendizagem.

Os registros digitais incluíram fotos e arquivos computacionais, coletados de forma sistemática ao longo de toda a experiência. Os materiais produzidos pelos estudantes — como gráficos, planilhas, esboços, análises estatísticas e anotações — foram usados para avaliar a apropriação dos conceitos no *Google Planilhas*. Por fim, o questionário digital pós-atividade, aplicado via *Google Forms* com 10 itens fechados e abertos, foi analisado quantitativamente, utilizando estatísticas descritivas para as respostas fechadas, e qualitativamente, por meio de categorização temática alinhada aos objetivos da pesquisa, para as respostas abertas.

Para a análise dos dados qualitativos, adotamos a *Análise de Conteúdo*, na modalidade *Análise Temática*, conforme Bardin (2016), com o objetivo de identificar padrões de sentido, regularidades discursivas e categorias emergentes a partir das falas, observações e produções dos estudantes. Essa análise foi articulada à *triangulação de dados* (Denzin & Lincoln, 2000), integrando diferentes fontes e instrumentos, e complementada por análises quantitativas descritivas dos dados provenientes dos questionários e das produções estatísticas (Flick, 1998; Yin, 2016). Essa abordagem fortalece a análise por meio do confronto entre evidências diversas, sem limitar-se à validação dos dados. A análise concentrou-se em três fontes principais: (1) observações, (2) questionário (*Google Forms*) e depoimentos, e (3) registros digitais no *Google Planilhas*. Para aprofundar a interpretação, selecionamos recortes das falas dos estudantes com base em sua relevância para os objetivos da pesquisa, buscando evidências que ilustrassem os principais conceitos e desafios enfrentados pelos estudantes, conforme indicados nos referenciais teóricos adotados nesta pesquisa.

A seleção considerou as categorias emergentes da codificação inicial, priorizando trechos que evidenciassem os padrões de pensamento investigados. O processo analítico incluiu a codificação dos participantes (Estudante 1 a Estudante 30), o agrupamento temático de concepções semelhantes, a identificação de padrões de pensamento relacionados à análise de tabelas, à contextualização de variáveis, às alterações de escala na construção de gráficos e às estratégias de resolução de problemas. Também foram registrados o uso de conceitos matemáticos e estatísticos e a atribuição de sentidos às experiências pelos estudantes. Por fim, elaboramos mapas de convergência que relacionaram falas, ações e produções gráficas dos grupos. Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de São Paulo (USP), sob o protocolo CAAE 67106322.3.0000.5390 e parecer nº 5.941.184.

4 Resultados e Discussão

Antes de apresentar a análise dos dados e os resultados decorrentes, faz-se necessário contextualizar brevemente a atividade pedagógica-investigativa que originou o *corpus* empírico desta pesquisa. A prática foi desenvolvida no laboratório de informática, com a participação de 30 estudantes do 3º ano do Ensino Médio, e teve como propósito integrar o ensino de Estatística ao uso de tecnologias digitais aplicadas à análise de dados reais sobre as mudanças climáticas. A partir da pergunta norteadora — *O aumento da concentração atmosférica de dióxido de carbono (CO₂) está relacionado ao aumento das temperaturas globais?* — os alunos foram conduzidos à investigação de séries históricas que registram, respectivamente, a variação da temperatura média global (em °C acima da média) e os níveis de CO₂ atmosférico (ppm). A Figura 2 ilustra um momento da realização da atividade, no qual os alunos mobilizam conhecimentos estatísticos a partir de dados reais.

Figura 2: Estudantes trabalhando com estatística com dados reais (NASA, 2024)



Fonte: dados da Pesquisa.

Para a construção das planilhas, gráficos e análises, foram utilizadas bases de dados reconhecidamente confiáveis, como a Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (NASA, 2024), a Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos Estados Unidos (NOAA, 2024) e o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2023). Os dados obtidos dessas instituições foram organizados em planilhas digitais elaboradas no ambiente do Google Planilhas, conforme exemplificado na Tabela 2.

Tabela 2: Tabela explorada com os estudantes: fórmulas trabalhadas pelos estudantes

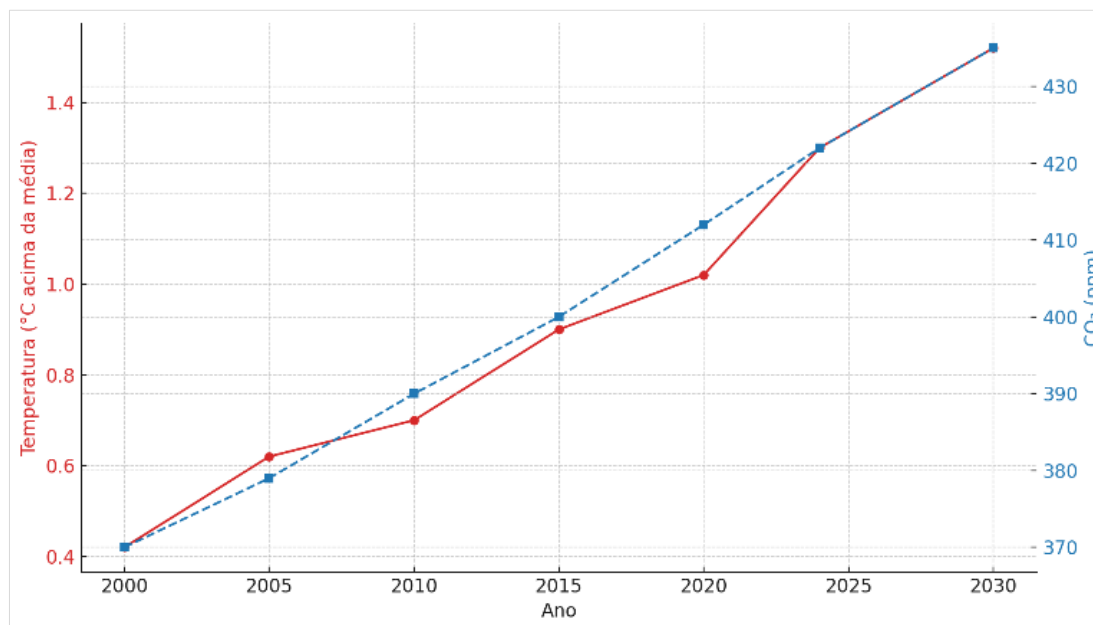
=B7 + (B7-B2)/(A7-A2)*(2030-A7)					
A	B	C	D	E	
Ano	Temperatura (°C acima da média)	CO ₂ (ppm)	Cresc. Temp. %	Cresc. Temp. %	
2000	0,42	370			
2005	0,62	379			
2010	0,7	390			
2015	0,9	400			
2020	1,02	412			
2024	1,32	422	27,45%	2,43%	
Projeção (2030)	=B7 + (B7-B2)/(A7-A2)*(2030-A7)	435			
Média	+ Adicionar nova função	0,826666667			

Fonte: elaborado pelo autor com dados das instituições referenciadas.

A partir desses dados, os estudantes construíram planilhas, realizaram a leitura e a interpretação das informações, calcularam crescimentos percentuais, identificaram regularidades iniciais, determinaram médias e projetaram possíveis valores futuros com base nas tendências observadas. A temperatura média global no período analisado foi de aproximadamente 0,83 °C acima da média em relação à média do século XX, enquanto a

concentração média de CO_2 foi de 395,5 ppm. Para estimar a temperatura no ano de 2030, os estudantes aplicaram uma fórmula de extrapolação linear: $Temperatura(2030) = B7 + (B7 - B2) / (A7 - A2) \times (2030 - A7)$, em que B7 representa a temperatura em 2024, B2 a de 2000, e A7 e A2 os respectivos anos. As médias também foram obtidas por meio das funções = $AVERAGE(B2:B7)$ para temperatura e = $AVERAGE(C2:C7)$ para CO_2 , reforçando o uso aplicado de estatística descritiva em ambiente computacional. Na sequência, foi construído coletivamente o gráfico combinado *Temperatura Global x CO_2 Atmosférico (2000–2030)* (Gráfico 1), o qual possibilitou a visualização simultânea das duas variáveis em escalas distintas, facilitando a identificação de padrões de crescimento e correlação.

Gráfico 1: Gráfico combinado: Temperatura Global x CO_2 atmosférico (2000–2030)



Fonte: elaborado no contexto de formação em Estatística.

A atividade se insere no contexto de uma pesquisa cujo objetivo foi *investigar como a análise de dados sobre o aumento do CO_2 e da temperatura global, mediada pelo uso de planilhas digitais, contribui para a compreensão das mudanças climáticas e para o desenvolvimento de habilidades matemáticas e estatísticas de estudantes do Ensino Médio*. O problema de pesquisa que orienta o estudo pode ser formulado da seguinte maneira: *De que forma a análise de dados sobre o aumento de CO_2 e da temperatura global, por meio do Google Planilhas, contribui para a compreensão das mudanças climáticas e para o desenvolvimento de habilidades matemáticas e estatísticas entre estudantes do 3º ano do Ensino Médio Integrado em Informática?*

Durante a construção dos gráficos e das análises no ambiente do Google Planilhas, os estudantes mobilizaram diversos conceitos estatísticos e matemáticos, como média aritmética, interpolação e extrapolação linear, crescimento percentual, além da leitura e interpretação de gráficos. Esses procedimentos não foram aplicados mecanicamente, mas contextualizados a partir da análise de séries temporais reais sobre o aquecimento global e a concentração atmosférica de CO_2 . Ao manipular os dados e aplicar fórmulas digitais, os estudantes foram instigados a refletir criticamente sobre os padrões identificados.

Como apontou um dos estudantes: “(...) Montamos a tabela, analisamos as frequências, (...) verificamos inicialmente que, à medida que o tempo passa, há mais lançamentos de CO_2 e, conseqüentemente, a média da temperatura aumenta... (...) os números são bem claros, aqui,

né [regularidade de crescimento]?” (Estudante 20). Já outra estudante destacou: “Eu fiz os cálculos e vi que a temperatura cresceu quase 30% desde 2000, enquanto o CO₂ cresceu só uns 2%. Aí eu pensei: tem mais coisa influenciando (...)” (Estudante 5).

Outros estudantes também enfatizaram a importância de compreender o comportamento das séries temporais para além da simples visualização gráfica. Como afirmou um dos participantes: *“Achei que era só montar a tabela e fazer o gráfico de linhas seguindo as ideias e a análise junto ao professor, mas percebi que precisava pensar nos intervalos e no que cada número significava. Tipo, de 2015 pra 2020, a temperatura sobe mais rápido (...)”* (Estudante 11). Outra estudante acrescentou: *“Quando construímos a tabela passo a passo e vamos analisar os dados, muitas coisas vão aparecendo para a gente pensar, relacionar e medir (Estudante 17). Outra estudante expos: “Gostei de fazer a tabela, usar dados reais e ver que podemos pensar sobre eles e observar de onde eles vêm”* (Estudante 8). Já outro estudante destacou: *“[...] Acompanhei a construção com o professor... mudamos a escala das variáveis, até porque a escala do CO₂ está na ordem das centenas, enquanto a da temperatura está na ordem dos décimos”* (Estudante 14).

As falas dos estudantes indicam a ampliação da compreensão sobre os dados analisados, especialmente quanto à leitura crítica das séries temporais e à interpretação contextualizada de variações numéricas com escalas diferentes (CO₂ e °C). Um dos estudantes relatou inicialmente ter entendido a atividade como uma tarefa técnica — “montar a tabela e fazer o gráfico” — mas, ao longo do processo, passou a considerar aspectos mais analíticos, como a importância dos intervalos e a velocidade das variações ao longo do tempo. Outro estudante destacou o valor de construir a tabela passo a passo e de lidar com dados reais, o que possibilitou o surgimento de relações significativas entre os números observados e o fenômeno estudado.

Essas observações mostram que os estudantes não apenas aplicaram procedimentos matemáticos, mas também começaram a atribuir significado aos dados, formulando hipóteses e articulando inferências com base nas informações coletadas (Skovsmose, 2008, 2021; Resnick, 2017; D’Ambrosio, 2004). Em vez de apenas seguir instruções, mobilizaram capacidades como identificar padrões de crescimento, comparar ritmos de variação e levantar questionamentos sobre causas e consequências. Essas ações se alinham às competências previstas na BNCC (BRASIL, 2018), que valorizam a análise de dados em contextos reais como forma de desenvolver o pensamento matemático em diálogo com a complexidade dos fenômenos naturais.

Durante a atividade, os estudantes demonstraram compreensão acerca do potencial das ferramentas digitais para a análise de dados. Um dos estudantes relatou: *“Assim que compreendi o processo e entendi a lógica por trás, passei a usar o Planilhas para calcular tudo — a média da temperatura, a taxa de crescimento... Com a fórmula, eu nem precisava refazer o cálculo toda vez, só arrastava a célula”* (Estudante 7). Esse relato revela que o estudante não apenas dominou a técnica de uso da planilha eletrônica, bem como compreendeu o funcionamento interno do sistema de fórmulas, utilizando-o para automatizar cálculos rotineiros. Essa estratégia permitiu deslocar o foco da tarefa procedimental para uma análise mais ampla dos dados e suas implicações.

Tais práticas correspondem a elementos do pensamento computacional, como a automatização de processos, a abstração de padrões e o ajuste iterativo de estratégias (Wing, 2011; Resnick, 2024). Ao adotar essa postura, o estudante passa a operar de forma mais autônoma, com foco no entendimento sistêmico do fenômeno em análise. Outro estudante relatou: *“Dividi os intervalos em partes menores, de 5 em 5 anos, calculei a amplitude do gás carbônico (CO₂) e também a amplitude da temperatura”* (Estudante 9).

Já um segundo estudante afirmou: *“Plotei o gráfico e segui as orientações para pensar nos padrões que havia... é fácil perceber o crescimento das duas variáveis juntas, uma impactando a outra, como o CO₂ e a temperatura... interessante e preocupante ver isso acontecendo”* (Estudante 12). Um terceiro estudante comentou: *“A gente pode continuar com essa reta [de projeção] e isso vai nos fazer entender que é importante tomarmos cuidado no hoje, para não deixar as retas do gás carbônico e da temperatura aumentarem”* (Estudante 15). Esse processo de abstração — compreendido como a capacidade de “pensar sobre o pensar”, nos termos de Papert (2008) — é fundamental para que o estudante se torne sujeito epistêmico de sua própria aprendizagem.

A construção dos gráficos permitiu o reconhecimento de padrões matemáticos, contribuindo para uma compreensão das relações entre as variáveis analisadas. Como destacou uma estudante: *“Ver o gráfico foi o que me fez entender a tendência. O CO₂ e a temperatura sobem juntos, mas em ritmos diferentes. Parece que a temperatura responde com atraso”* (Estudante 4). Outra estudante complementou: *“Mudamos a escala de cada valor de y porque a temperatura estava em décimos de grau Celsius e o CO₂ em centenas no próprio gráfico plotado também... Analisamos o padrão e, a partir disso, conseguimos generalizar uma tendência de crescimento — como uma reta”* (Estudante 19).

As falas evidenciam um movimento de leitura ativa e crítica dos dados, com a aplicação de estratégias como organização em blocos temporais, identificação de tendências e construção de projeções. A divisão por intervalos regulares e o cálculo de amplitude indicam domínio de procedimentos técnicos aliados a uma intenção analítica clara. Além disso, o reconhecimento da relação entre as variáveis e a preocupação com projeções futuras revelam uma capacidade crescente de abstração e generalização. Tais movimentos se aproximam das habilidades descritas no campo do pensamento computacional, especialmente no que se refere à *decomposição, modelagem baseada em dados e à interpretação de padrões dinâmicos em sistemas de projeção* (Resnick, 2017).

A construção do gráfico combinado “Temperatura Global x CO₂ atmosférico (2000–2030)” constituiu um momento fundamental para o desenvolvimento de competências analítico-críticas, integrando conceitos matemáticos e científicos em uma abordagem investigativa (Papert, 2008; Denning, 2017; Skovsmose, 2008). O professor conduziu o processo por meio de perguntas estratégicas que orientaram a análise e instigaram a reflexão dos estudantes: *“Qual escala é adequada para representar simultaneamente essas variáveis?”*, *“Existe correspondência consistente entre o crescimento do CO₂ e da temperatura ao longo do tempo?”*, *“Como a extrapolação pode subsidiar projeções futuras?”*, *“A tendência observada é linear? Quais implicações disso?”*, *“Há evidências de correlação proporcional?”*, *“De que modo fatores como desmatamento, queimadas e eventos climáticos extremos interferem nessa dinâmica?”*. Essas questões orientaram a escolha técnica de escalas compatíveis para a análise e representação gráfica, além de impulsionarem a problematização da relação entre as variáveis — aspecto que pode ampliar a compreensão dos padrões e das limitações dos modelos adotados, articulando dados matemáticos a questões socioambientais no contexto da sala de aula.

Em resposta, os estudantes evidenciaram uma apreensão ativa desses conceitos ao utilizarem a extrapolação linear para projetar dados futuros. Um estudante observou, ao utilizar a fórmula $[Temperatura(2030) = B7 + (B7 - B2) / (A7 - A2) \times (2030 - A7)]$: *“Se continuar assim, em 2030 ultrapassaremos 1,5°C — [O limite mencionado pelos cientistas]”*. Outra estudante acrescentou a complexidade do fenômeno: *“Em quatro anos, a temperatura subiu 0,28°C, e o CO₂ aumentou apenas 10 ppm. Deve haver outros fatores, como incêndios e desmatamento”* (Estudante 9), evidenciando sensibilidade crítica aos múltiplos elementos que

afetam o clima.

A análise das curvas possibilitou aos estudantes identificar padrões, comparar ritmos de crescimento e refletir sobre a defasagem entre o aumento do CO₂ e da temperatura média global, promovendo uma compreensão de conceitos matemáticos e ambientais. Esse processo pedagógico valoriza a reflexão, a investigação e a problematização na formação, aproximando a análise estatística dos debates socioambientais (D'Ambrosio, 2009; Skovsmose, 2021).

A projeção de dados até 2030, com base em dados reais, suscitou inquietações na objetividade dos números/modelos, fortalecendo a postura analítica dos estudantes diante da crise climática e evidenciando a importância da aprendizagem contextualizada e ativa de estatística. Observamos também que o engajamento com dados reais e o uso de ferramentas computacionais favoreceu a compreensão integrada dos conceitos matemáticos e a formação de uma postura crítica diante das questões climáticas. Como sintetizou um estudante: *“A gente sempre ouve que o CO₂ faz a Terra esquentar, mas agora deu pra ver mesmo. A matemática mostra isso [o que os dados dizem]. E também mostra que o problema tá crescendo”* (Estudante 14). Essa afirmação reflete a internalização do conhecimento como algo significativo, compartilhável e situado (Papert, 2008).

Essa postura investigativa dos estudantes, que questionam a relação linear simplificada entre as variáveis, é essencial para a formação em estatística crítica, que envolve interpretar, contextualizar e problematizar dados quantitativos em contextos sociais e científicos (BRASIL, 2018). Assim, o uso de tecnologias digitais, longe de servir à mera automatização de tarefas, tornou-se meio de expressão, imaginação e reflexão (Papert, 2008), possibilitando aos estudantes *propor soluções, interpretar contextos e construir ideias matemáticas*.

Durante a análise gráfica da correlação entre temperatura global e concentração atmosférica de CO₂, os estudantes realizaram a projeção da temperatura para 2030 por meio de interpolação linear, calculando o valor a partir da temperatura registrada em 2024 (1,3 °C acima da média) e em 2000 (0,42 °C), considerando a variação anual desses dados. Essa projeção resultou em uma estimativa de 1,52 °C para 2030, indicando a continuidade do aquecimento global. A partir dessa extrapolação, os estudantes compararam os crescimentos percentuais da temperatura e do CO₂ no período, identificando que o aumento da temperatura (+209,5%) foi maior que o incremento do CO₂ (+14%). A Tabela 3 sintetiza os dados realizados na atividade:

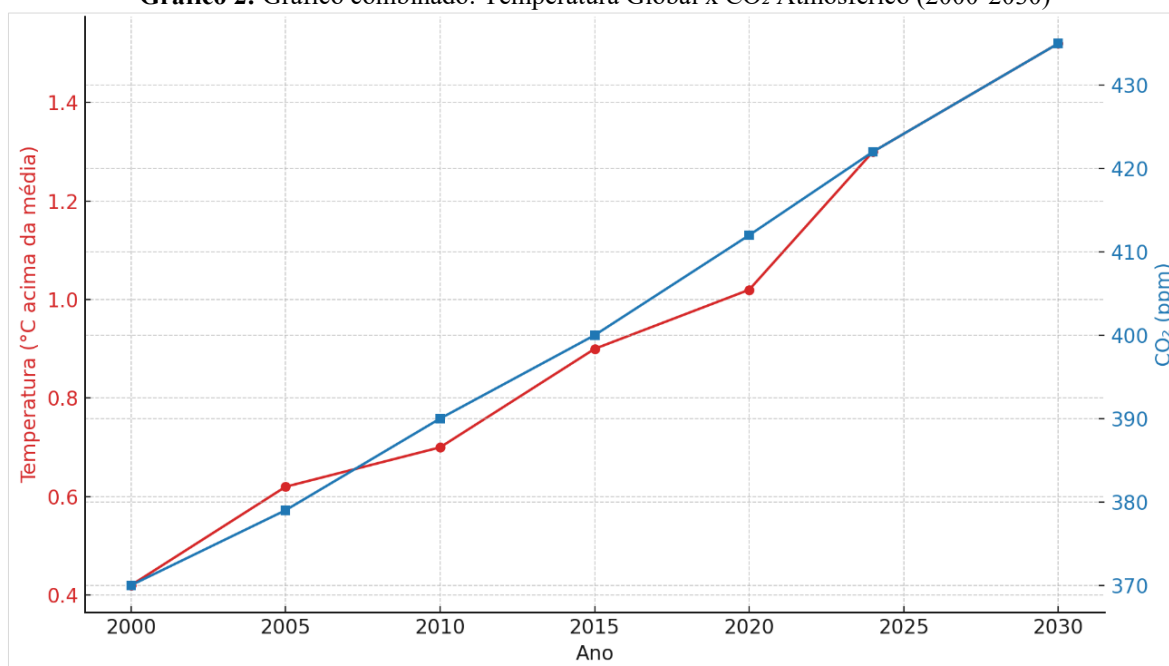
Tabela 3: Tabela de dados e fórmulas utilizadas pelos estudantes

Ano	Temperatura (°C acima da média)	CO ₂ (ppm)	Cresc. Temp. (%)	Cresc. CO ₂ (%)
2000	0,42	370	–	–
2005	0,62	379	–	–
2010	0,7	390	–	–
2015	0,9	400	–	–
2020	1,02	412	–	–
2024	1,3	422	+209,5%	+14%
2030 (proj.)	1,52	435	–	–
Médias	0,83	395,5		

Fonte: elaborado no contexto de formação em estatística.

A análise dos dados apresentados na Tabela 3 possibilitou que os estudantes refletissem criticamente sobre a relação entre temperatura e CO₂ no período de 2000 a 2030. A comparação dos crescimentos percentuais revelou uma discrepância que suscitou debates em sala, apontando para a influência de múltiplos fatores climáticos além do CO₂. Observações como *“A temperatura está disparando, enquanto o CO₂ cresce lentamente, isso indica outros fatores além do CO₂”* e *“A instabilidade da temperatura sugere que não é uma relação linear simples”* evidenciam o engajamento dos estudantes na problematização do fenômeno, alinhada às práticas investigativas que valorizam a formulação de hipóteses e a análise crítica. Essa compreensão foi aprofundada pela visualização conjunta da evolução das variáveis no gráfico (Gráfico 2), que consolidou a análise comparativa e fortaleceu o entendimento dos estudantes sobre a complexidade dos sistemas climáticos e a distinção entre correlação e causalidade.

Gráfico 2: Gráfico combinado: Temperatura Global x CO₂ Atmosférico (2000-2030)



Fonte: produzido pelos estudantes no Google Planilhas (2025).

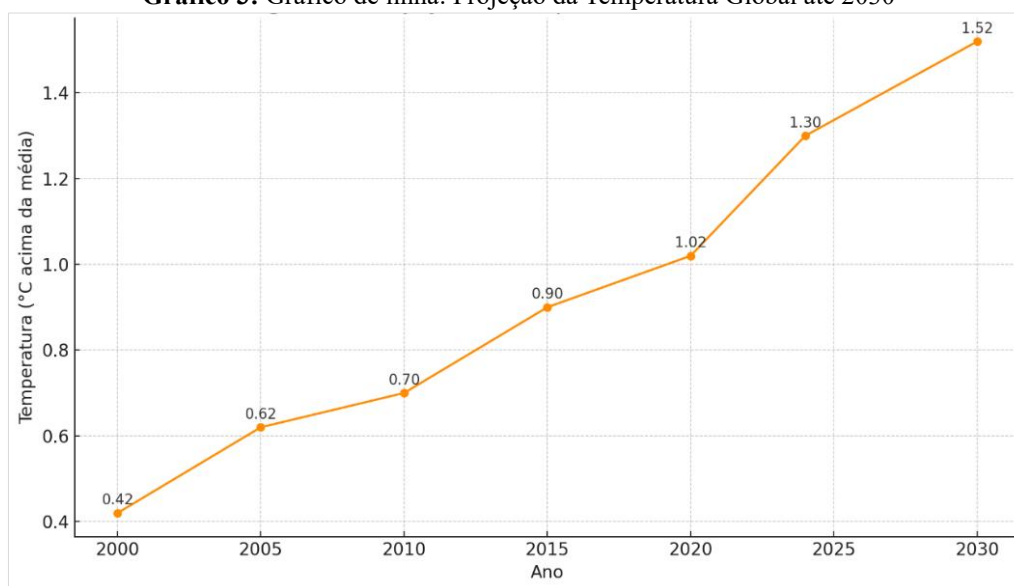
Legenda: visualização da trajetória das variáveis, incluindo a projeção para 2030.

O Gráfico 2 apresenta o gráfico combinado, elaborado a partir dos dados coletados pelos estudantes, que possibilita a comparação direta da evolução da temperatura global e da concentração de CO₂ atmosférico entre os anos de 2000 e 2030 (projeção). A discrepância observada nos percentuais de crescimento entre temperatura e CO₂ gerou reflexões importantes em sala de aula. Conforme registrado nos comentários dos estudantes: *“A gente sempre acha que o CO₂ e a temperatura sobem juntos, mas aqui parece que a temperatura está disparando. Isso me faz pensar que tem outros fatores além do CO₂. ”* (Estudante 6), *“O CO₂ vai subindo de pouco em pouco, mas a temperatura dá uns pulos. Dá para ver que o gráfico da temperatura é mais instável.”* (Estudante 3). Essas observações motivaram uma retomada do debate acerca dos conceitos de causalidade, correlação e complexidade dos fenômenos climáticos, evidenciando a necessidade de interpretar dados ambientais para além da linearidade simples. Outros comentários ressaltaram a pertinência da contextualização social e geopolítica da crise climática: *“Esses números são globais, mas o impacto é local. País pobre sofre mais.”*

A matemática mostra o tamanho da coisa, mas a gente tem que pensar em quem paga o preço maior (Estudante 10), *“A gente vê nos noticiários que o mundo está esquentando, mas ver a conta, o gráfico, e fazer a projeção, dá outra dimensão. A gente entende o tamanho do*

problema” (Estudante 2), “*O gráfico ajudou muito a entender que a tendência é crescente, mas também que tem picos. (...) o planeta responde de forma desigual*” (Estudante 4) Essa construção coletiva do conhecimento por meio da análise e interpretação dos dados exemplifica a posição dos estudantes como *ativo-construtores* do próprio processo de aprendizagem, na qual “nada é dado pronto a eles, mas são favorecidas situações para que possam pensar, conjecturar e compreender um assunto de Matemática de forma contextual, crítica e aplicada” (Azevedo; Maltempi, 2020, p. 2). Nesse contexto, a construção do gráfico de projeção da temperatura global até 2030 emergiu como uma síntese visual significativa do percurso investigativo, articulando modelagem matemática, análise de dados históricos e simulação de cenários futuros. A seguir, apresentamos o Gráfico 3 e a representação analisada em sala de aula, que expressa, de forma objetiva, os padrões identificados e os desafios projetados.

Gráfico 3: Gráfico de linha: Projeção da Temperatura Global até 2030



Fonte: planilhas colaborativas da turma.

Legenda: análise visual da tendência de aquecimento e simulação de cenários futuros.

O Gráfico 3 apresenta a projeção da temperatura global para o ano de 2030, construída a partir dos dados históricos e da aplicação da fórmula de interpolação/extrapolção linear:

$$Temperatura_{2030} = B7 + \frac{B7 - B2}{A7 - A2} * (2030 - A7)$$

(...) onde as variáveis correspondem às temperaturas e anos registrados nas planilhas dos estudantes. Esse gráfico constituiu a base para debates em sala sobre a continuidade do aquecimento global e a responsabilidade humana no agravamento do cenário climático. Os estudantes identificaram a tendência ascendente e associaram as projeções a possíveis repercussões sociais, ambientais e éticas. As observações dos estudantes evidenciam a apropriação crítica do conhecimento matemático como ferramenta interpretativa e preditiva: “*visualizamos a projeção crescente da temperatura a medida que o tempo avança... Isso aqui não é só estatística, é uma aula de vida.*” (Estudante 1) “*Quando calculei a variação do CO₂ e comparei com a da temperatura, percebi que elas crescem juntas, mas a temperatura varia mais... isso impacta no nosso dia a dia né?*” (Estudante 5). Essa apropriação contribuiu para a construção de argumentos fundamentados, alinhados às competências previstas pela BNCC (EM13MAT403), evidenciando o papel da Matemática como linguagem para interpretar e intervir na realidade socioambiental.

À luz do objetivo desta pesquisa — compreender de que modo a análise de dados sobre

o aumento do CO₂ e da temperatura global, mediada por planilhas digitais, contribui para o desenvolvimento de competências matemático-computacionais e estatísticas, bem como para a compreensão crítica das mudanças climáticas por estudantes do 3º ano do Ensino Médio — observamos um conjunto articulado de aprendizagens relevantes. No campo estatístico, destacaram-se: i) *a leitura e a interpretação de gráficos combinados com dupla escala*; ii) *o cálculo e a análise de médias em séries temporais*; iii) *a comparação entre percentuais de crescimento e a análise de correlação entre as variáveis CO₂ e temperatura*; iv) *a aplicação de projeção linear sobre conjuntos de dados reais*; e v) *a interpretação qualitativa de tendências, desvios e flutuações ao longo do tempo*. Essas habilidades foram mobilizadas de maneira contextualizada, tendo como base dados representativos da crise climática.

No campo computacional, os estudantes demonstraram domínio progressivo de práticas como: i) *automação de cálculos por meio de fórmulas no ambiente do Google Planilhas*; ii) *organização, estruturação e tratamento digital de dados*; iii) *construção e análise visual de gráficos de linha e gráfico combinado*; e iv) *uso de recursos da ferramenta para simulação de cenários futuros e extrapolação de tendências*. Essas competências evidenciam não apenas a apropriação técnica da ferramenta digital, mas a integração entre pensamento computacional, linguagem matemática e análise crítica de fenômenos ambientais. Esse processo investigativo contribuiu para superar visões lineares e deterministas sobre o aquecimento global. Os estudantes passaram a compreender que as alterações climáticas resultam de múltiplas variáveis interdependentes, exigindo análises que envolvam leitura contextualizada, criticidade e engajamento ético no contexto de formação em Matemática do Ensino Médio.

5 Considerações finais

Esta investigação analisou de que forma a análise de dados sobre o aumento da concentração de dióxido de carbono (CO₂) e da temperatura global, mediada pelo uso do Google Planilhas, contribui para a compreensão das mudanças climáticas e para o desenvolvimento de habilidades matemáticas e estatísticas em estudantes do 3º ano do Ensino Médio Integrado em Informática. A análise dos dados produzidos ao longo das atividades permitiu identificar contribuições específicas tanto no campo da aprendizagem estatístico-matemática quanto na interpretação de fenômenos climáticos. No eixo das habilidades matemáticas e estatísticas, os resultados indicam que o uso do Google Planilhas favorece a realização de práticas sistemáticas de tratamento e análise de dados, envolvendo a organização de séries temporais, o cálculo e a interpretação de médias e variações percentuais, a construção e leitura de gráficos com escalas distintas, bem como a análise de correlação e a elaboração de projeções lineares. A automatização dos cálculos contribuiu para reduzir o foco em procedimentos operacionais, ampliando a atenção dos estudantes à interpretação dos resultados, às tendências observadas e aos limites dos modelos.

Quanto à compreensão das mudanças climáticas, a análise integrada dos dados de CO₂ e temperatura possibilitou gerar interpretações menos simplificadas dos fenômenos investigados. As produções dos estudantes indicam o reconhecimento de relações de interdependência entre variáveis ambientais, a identificação de comportamentos não lineares e a consideração de diferentes escalas temporais na leitura dos dados, elementos centrais para a compreensão da complexidade dos sistemas climáticos. A mediação docente orientou a seleção dos procedimentos estatísticos, a problematização dos resultados e a explicitação dos limites interpretativos das análises, favorecendo a articulação entre conceitos matemáticos, ferramentas digitais e leitura crítica de dados científicos. Esse processo contribuiu para que as interpretações apresentadas pelos estudantes fossem sustentadas por evidências quantitativas e por argumentos matematicamente fundamentados.

Dessa forma, a análise de dados climáticos reais, mediada por planilhas digitais, configura-se como um contexto formativo consistente para integrar o desenvolvimento de habilidades matemáticas e estatísticas à compreensão de questões ambientais contemporâneas. Como desdobramento, apontam-se investigações futuras que explorem o uso de modelos estatísticos mais complexos e acompanhem os efeitos dessas práticas na consolidação do letramento estatístico e científico ao longo do Ensino Médio.

Referências

- Azevedo, G. T. (2022). *Processo formativo em Matemática: invenções robóticas para o Parkinson* (Tese de Doutorado em Educação Matemática). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP.
- Azevedo, G. T. & Maltempi, M. V. (2022). Contexto formativo de invenção robótico-matemática: pensamento computacional e matemática crítica. *Bolema*, 36(72), 214–238.
- Azevedo, G. T. & Maltempi, M. V. (2023). Desenvolvimento de habilidades e invenções robóticas para impactos sociais no contexto de formação em Matemática. *Ciência & Educação*, 29(1), 1–21.
- Azevedo, G. T. & Maltempi, M. V. (2020). Processo de aprendizagem de Matemática à luz das metodologias ativas e do pensamento computacional. *Ciência & Educação*, 26, 1–18.
- Azevedo, G. T. (2025). Modelagem estatística e pensamento computacional: compreensão de medidas de tendência central e dispersão no Ensino Médio. *Revista de Investigação e Divulgação em Educação Matemática*, 9(1).
- Barba, L. (2016). Computational thinking: I do not think it means what you think it means. Disponível em: <https://lorenabarba.com/blog/computational-thinking-i-do-not-think-it-means-what-you-think-it-means/>. Acesso em: 02 maio 2025.
- Bardin, L. (2016). *Análise de conteúdo* (L. A. Reto & A. Pinheiro, Trans.; 1ª ed. rev. e ampl.). São Paulo, SP: Edições 70.
- Brasil. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Ministério da Educação. <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/bncc>
- Brasil. (1996). *Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996: Lei de diretrizes e bases da educação nacional* (2ª ed., 2018). Brasília, DF: Senado Federal.
- Creswell, J. W. & Creswell, J. D. (2018). *Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). Sage.
- D'Ambrosio, U. (2004). Educação matemática crítica: o que é e por que fazê-la. In J. A. Duarte & M. C. Borba (Orgs.), *Educação matemática crítica: perspectivas e desafios*. NEIM/UNICAMP.
- Denning, P. J. (2017). Remaining trouble spots with computational thinking. *Communications of the ACM*, 60(6), 33–39.
- Denzin, N. K. & Lincoln, Y. S. (2000). Introduction: the discipline and practice of qualitative research. In N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), *Handbook of qualitative research* (2nd ed., pp. 1–28). Sage.
- Ferreira, R. L. & Lopes, T. B. (2024). Ensino de estatística no Ensino Médio com base na resolução de problemas sob a perspectiva da educação matemática crítica. *Revista Eletrônica Científica em Educação Matemática*, 17(3), 334–343.

- ISTE & CSTA. (2011). *Operational definition of computational thinking for K-12 education*. Disponível em: <http://www.iste.org/docs/ct-documents/computational-thinking-operational-definition-flyer.pdf>. Acesso em: 06 mar. 2025.
- ISTE. (2014). *Computational thinking for all*. Disponível em: https://edtechbooks.org/k12handbook/computational_thinking. Acesso em: 06 mar. 2025.
- Gonçalves, F. A. M. F. *et al.* (2023). Ensino de estatística no Ensino Médio: uma proposta interdisciplinar entre Matemática e Educação Física. *Em Teia*, 10(3).
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). *Sixth Assessment Report – AR6: Synthesis Report*.
- Keeling, C. D. (1976). Atmospheric carbon dioxide variations at Mauna Loa Observatory, Hawaii. *Tellus A*, 28(6), 538–551.
- Monte, M. S. & Carvalho, A. L. A. (2018). Educação estatística no ensino médio: desafios e perspectivas. *Revista Brasileira de Ensino de Matemática*, 25(1), 123–139.
- NASA – National Aeronautics and Space Administration. (2024). *Climate change evidence: How do we know?*
- NASA – National Aeronautics and Space Administration. (2024). *Global climate change: Vital signs of the planet*.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2023). *Trends in atmospheric carbon dioxide: Mauna Loa Observatory*.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: children, computers and powerful ideas*. Basic Books.
- Papert, S. (1996). An exploration in the space of mathematics educations. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 1(1), 95–123.
- Papert, S. (2008). *A máquina das crianças: repensando a escola na era informática*. Artes Médicas.
- Resnick, M. (2017). *Lifelong kindergarten: cultivating creativity through projects, passion, peers, and play*. MIT Press.
- Santos, L. C. & Coutinho, C. Q. e S. (2020). Estatística no livro didático de Matemática destinado ao Ensino Médio: uma análise curricular e do guia do PNLD 2018. *Revista de Investigação e Divulgação em Educação Matemática*, 7(3), 213–235.
- Skovsmose, O. (2000). Cenários para investigação. *Bolema*, 13(14), 66–91.
- Skovsmose, O. (2001). *Educação matemática crítica: a questão da democracia*. Papirus.
- Skovsmose, O. (2007). *Educação crítica: incerteza, matemática, responsabilidade*. Cortez.
- Skovsmose, O. (2008). Educação matemática crítica: reflexões e perspectivas. *Revista Educação Matemática em Foco*, 1(1), 37–48.
- Skovsmose, O. (2014). *Um convite à educação matemática crítica* (O. A. Figueiredo, Trad.). Papirus.
- Skovsmose, O. (2021a). Mathematics and crises. *Educational Studies in Mathematics*, 108, 369–383.

- Skovsmose, O. (2021b). Critical mathematics education: looking back and looking forward. In N. Fang & X. Gao (Eds.), *Mathematics education in different cultural traditions* (pp. 1–22). Springer.
- Skovsmose, O. (2001). Mathematics education and democracy: perspectives from Denmark. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 4(1), 37–54.
- Wing, J. M. (2011). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35.
- Yin, R. (2016). *Pesquisa qualitativa do início ao fim*. Porto Alegre, RS: Penso.