ReTER, Santa Maria, v.7. ISSN:2675-9950 Submissão: 12/07/2026 Aprovação: 04/09/2026 Publicação: 18/09/2026

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA NO ENSINO DE CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL: UMA ANÁLISE COMPARATIVA DE DIFERENTES MODELOS DE IA

Italo de Souza Silva
Universidade Federal do Pará - silva_italo190@hotmail.com

Igor Ruiz Gomes
Universidade Federal do Pará - ruiz.igor@gmail.com

Cristiane Ruiz Gomes
Universidade Federal de Santa Maria - cris.ruiz.gomes@gmail.com

Resumo: Este artigo analisa o potencial de diferentes inteligências artificiais generativas como ferramentas de apoio ao ensino e à aprendizagem de Cálculo Diferencial e Integral no ensino superior brasileiro. Partindo do crescente uso dessas tecnologias em contextos educacionais e dos desafios historicamente associados às elevadas taxas de reprovação em disciplinas de Cálculo, a pesquisa teve como objetivo comparar a qualidade das respostas produzidas por cinco sistemas de inteligência artificial (Gemini Free, Gemini Pro, ChatGPT Free, Perplexity AI Pro e Grok AI Free) diante de um mesmo conjunto de questões envolvendo limites, derivadas e integrais. A investigação, de natureza qualitativa, descritiva e comparativa, utilizou um prompt padronizado que solicitava resoluções detalhadas, com explicações passo a passo, justificativas conceituais, indicação de erros comuns e verificação dos resultados. Os resultados evidenciaram que todas as ferramentas solucionaram corretamente os problemas propostos, porém apresentaram diferenças quanto à organização, clareza, rigor matemático, qualidade da notação e profundidade didática. Destacaram-se o Gemini Pro e o Perplexity AI Pro pela maior consistência e estrutura das respostas, enquanto o ChatGPT Free e o Gemini Free mostraram bom desempenho para apoio aos estudos. Conclui-se que a inteligência artificial possui elevado potencial para favorecer a aprendizagem personalizada, fornecer feedback imediato e ampliar a autonomia dos estudantes, desde que utilizada de forma ética, crítica e articulada à mediação pedagógica do professor.

Palavras-chave: Inteligência Artificial Generativa; Cálculo Diferencial e Integral; Ensino Superior.

GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE TEACHING OF DIFFERENTIAL AND INTEGRAL CALCULUS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF DIFFERENT AI MODELS

Abstract: This study analyzes the potential of different generative artificial intelligence tools as resources to support the teaching and learning of Differential and Integral Calculus in Brazilian higher education. Motivated by the growing adoption of these technologies in educational settings and the persistent challenges associated with high failure rates in calculus courses, the research aimed to compare the quality of responses generated by five AI systems (Gemini Free, Gemini Pro, ChatGPT Free, Perplexity AI Pro, and Grok AI Free) when solving the same set of problems involving limits, derivatives, and integrals. The study adopted a qualitative, descriptive, and comparative approach, using a standardized prompt that required detailed step-by-step solutions, conceptual

explanations, identification of common mistakes, and verification of results. The findings revealed that all AI systems correctly solved the proposed problems; however, differences were observed regarding organization, clarity, mathematical rigor, notation quality, and pedagogical depth. Gemini Pro and Perplexity AI Pro demonstrated the highest level of consistency and instructional quality, while ChatGPT Free and Gemini Free also proved to be effective tools for supporting students' learning. The study concludes that generative artificial intelligence has considerable potential to promote personalized learning, provide immediate feedback, and foster students' autonomy, provided that it is used ethically, critically, and in conjunction with effective pedagogical guidance.

Keywords: Generative Artificial Intelligence; Differential and Integral Calculus; Higher Education.

Introdução

A popularização dos modelos generativos de linguagem, a partir de 2022, impulsionada por avanços em arquiteturas de larga escala e pela disponibilização pública de sistemas como ChatGPT, Gemini e outros, modificou de maneira acelerada o ecossistema digital global (UNESCO, 2023). Entre 2022 e 2026 observa-se um crescimento expressivo de aplicações de Inteligências Artificiais (IA) generativa em diferentes setores, incluindo educação, saúde, indústria criativa e administração pública, bem como a rápida expansão de versões gratuitas e pagas dessas ferramentas, frequentemente integradas a recursos multimodais de texto, imagem, áudio e vídeo (UNESCO, 2024). Esse movimento amplia a acessibilidade a assistentes virtuais avançados, mas também suscita debates éticos, regulatórios e pedagógicos sobre o uso responsável dessas tecnologias em processos formativos (UNESCO, 2023).

No contexto brasileiro, a presença da inteligência artificial na educação e na pesquisa científica vem se intensificando, com destaque para o uso por estudantes em pesquisas escolares, redação de textos, resolução de exercícios e preparação de apresentações (CETIC.BR, 2024). Estudos conduzidos pelo Cetic.br/CGI.br, como a pesquisa TIC Educação, indicam que uma parcela crescente de alunos do ensino médio e do ensino superior utiliza ferramentas de IA generativa no cotidiano acadêmico, ao mesmo tempo em que docentes relatam potencialidades e incertezas quanto a diretrizes institucionais, formação específica e impactos na autoria e na avaliação da aprendizagem (CETIC.BR, 2025). Em universidades públicas e privadas, observa-se a incorporação gradual de recursos de IA em ambientes virtuais de aprendizagem, na elaboração de materiais didáticos e na orientação de projetos de pesquisa, contribuindo para a democratização do acesso à informação, ainda que permeada por desigualdades de infraestrutura e conectividade (UNESCO, 2023).

No ensino de Cálculo Diferencial e Integral, contudo, persistem desafios históricos relacionados às altas taxas de reprovação, evasão e retenção em cursos de ciências exatas, engenharias e licenciaturas em Matemática no Brasil (DA NÓBREGA, 2023; GARZELLA, 2013; ZARPELON; RESENDE; REIS, 2017). Pesquisadores em Educação Matemática como Henriques e Funato (2024) e Silva e Mota (2024) apontam que muitos estudantes apresentam dificuldades na compreensão conceitual de limites, derivadas e integrais, bem como na articulação entre representação algébrica, gráfica e verbal, o que se traduz em desempenho insuficiente em disciplinas iniciais de Cálculo e em impactos na trajetória acadêmica. Entre os fatores frequentemente citados estão lacunas de formação básica, dificuldades de abstração, metodologias predominantemente expositivas e turmas numerosas, que limitam o atendimento individualizado e a oferta de feedback formativo contínuo (DA NÓBREGA, 2023).

Nesse cenário, diferentes IA têm sido experimentadas como ferramentas de apoio ao ensino e aprendizagem de Cálculo, com destaque para modelos como ChatGPT, Gemini e Perplexity AI, que se apresentam como assistentes capazes de resolver problemas, explicar passo a passo e gerar exemplos adicionais sob demanda (BARROS, 2025; GAMA et al., 2025; SILVA JUNIOR; OLIVEIRA; LUZ, 2024). Em linhas gerais, o ChatGPT se consolidou como um modelo amplamente utilizado em sua versão gratuita, com forte presença na produção textual e no esclarecimento de dúvidas conceituais por estudantes e docentes (BARROS, 2025; SANTOS; SANT'ANA; SANT'ANA, 2023). O Gemini, em suas versões Free e Pro, integra recursos multimodais e maior capacidade de raciocínio estruturado, com ênfase em aplicações educacionais e de pesquisa no ensino de Cálculo (GAMA et al., 2025; SILVA JUNIOR; OLIVEIRA; LUZ, 2024). Já o Perplexity AI se destaca na literatura técnica por combinar capacidades de geração de texto com recuperação de informações em tempo real e um modo de uso orientado à pesquisa acadêmica, com respostas acompanhadas de citações às fontes utilizadas (BHUMS, 2025). Essas ferramentas, embora semelhantes em sua natureza de modelos de linguagem, diferem em políticas de uso, recursos de interface, fontes de treinamento e estratégias de alinhamento às demandas educacionais descritas em estudos recentes sobre IA generativa na educação matemática (BARROS, 2025; GAMA et al., 2025).

Diante desse contexto, o objetivo deste artigo é comparar a qualidade das respostas produzidas por diferentes inteligências artificiais na resolução de problemas de Cálculo Diferencial e Integral, avaliando seu potencial de apoio ao processo de ensino e aprendizagem

no contexto da educação superior brasileira. Para isso, foi elaborado e aplicado um mesmo *prompt* didático a cinco ferramentas de IA (Gemini Free, Gemini Pro, ChatGPT Free, Perplexity AI Pro utilizando o modelo Claude Sonnet e Grok AI Free), solicitando a resolução detalhada de cinco questões de Cálculo, abrangendo os conteúdos de Limites, Derivadas e Integrais. A análise comparativa das respostas considerou critérios de clareza, organização, precisão matemática, profundidade didática e qualidade da formatação, permitindo discutir convergências e divergências entre os sistemas avaliados e suas possíveis contribuições para estudantes e professores de cálculo.

Inteligência Artificial na Educação

A literatura recente sobre IA na educação indica uma expansão significativa do uso de IA generativa para apoiar processos de ensino e aprendizagem, bem como para auxiliar na gestão educacional e na pesquisa acadêmica. Documentos da UNESCO (2024), como o "*Guidance for generative AI in education and research*", enfatizam a necessidade de políticas públicas que promovam o uso ético, inclusivo e centrado nos direitos humanos, garantindo transparência, proteção de dados e equidade no acesso. Estes documentos também destacam o potencial da IA para personalizar percursos formativos, adaptar conteúdos ao nível de proficiência dos estudantes e apoiar professores em tarefas de planejamento, acompanhamento e avaliação de aprendizagem (UNESCO, 2023; UNESCO, 2024).

No âmbito da IA generativa, modelos de linguagem de grande porte passaram a ser utilizados como tutores inteligentes capazes de responder perguntas, propor exercícios, elaborar explicações passo a passo e simular diálogos socráticos com estudantes (UNESCO, 2023). Pesquisas internacionais apontam que sistemas como GPT-4 e outros modelos avançados têm sido experimentados em ambientes de ensino de matemática, engenharia e ciências, com resultados promissores em termos de engajamento estudantil e apoio ao estudo autônomo, embora ainda existam limitações relacionadas a erros factuais, ausência de referências e necessidade de supervisão docente (UNESCO, 2023). Esses estudos sugerem que a IA deve ser compreendida como tecnologia de suporte, e não como substituta do professor, articulando recursos algorítmicos a práticas pedagógicas críticas e contextualmente situadas (GAMA et al., 2025; UNESCO, 2023).

No contexto brasileiro, investigações sobre o uso de IA generativa na educação básica e superior destacam tanto o entusiasmo com as possibilidades de inovação quanto às preocupações com desigualdades de acesso, formação docente e dependência tecnológica (CETIC.BR, 2024; CETIC.BR, 2025). Relatórios de organismos como Cetic.br e CGI.br evidenciam que estudantes e professores utilizam IA para redigir textos, resolver questões, elaborar apresentações e planejar atividades, mas que a discussão sobre critérios éticos, autoria e avaliação ainda é incipiente em muitas instituições (CETIC.BR, 2024; CGI.BR, 2025). Além disso, estudos recentes em Educação Matemática apontam a necessidade de ressignificar o papel da IA em sala de aula, de modo a promover aprendizagens significativas, pensamento crítico e compreensão conceitual, evitando o uso meramente instrumental dessas ferramentas (BARROS, 2025; GAMA et al., 2025; SILVA JUNIOR; OLIVEIRA; LUZ, 2024).

O Ensino de Cálculo no Brasil

O ensino de Cálculo Diferencial e Integral nas instituições de ensino superior brasileiras é frequentemente associado a elevados índices de reprovação, retenção e evasão, sobretudo em cursos de ciências exatas, engenharias e licenciaturas em matemática (GARZELLA, 2013; ZARPELON, DE RESENDE, REIS, 2017). Pesquisas com docentes e coordenadores de curso indicam que disciplinas como Cálculo 1 assumem caráter de "gargalo" curricular, impactando a trajetória acadêmica dos estudantes e contribuindo para permanência prolongada e abandono de cursos (ZARPELON, DE RESENDE, REIS, 2017). Entre as principais dificuldades relatadas estão a transição entre o ensino médio e o ensino superior, lacunas de base algébrica, baixa familiaridade com linguagem simbólica e dificuldades em realizar leituras de gráficos e interpretações de problemas contextualizados (CUNHA, 2020; NOGUTI, 2014; SANTOS, 2021).

No que se refere aos conteúdos específicos, estudos apontam que muitos alunos encontram obstáculos na compreensão de limites e continuidade, na interpretação de derivadas como taxas de variação e na visualização de integrais como áreas e acumulação, o que afeta tanto a resolução algébrica quanto a capacidade de estabelecer conexões entre diferentes representações (GAMA et al., 2025; HENRIQUES; FUNATO, 2024; SILVA; MOTA, 2024;). Em resposta a esse cenário, diversas pesquisas propõem metodologias inovadoras, como o uso de softwares matemáticos, ambientes de geometria dinâmica, programação em

linguagens como Python e abordagens ativas de aprendizagem, buscando tornar as aulas de Cálculo mais interativas e centradas no estudante (GAMA et al. 2025; MENDES et al., 2025; SILVA JUNIOR; OLIVEIRA; LUZ, 2024). Ainda assim, a necessidade de apoio individualizado e de feedback contínuo permanece como desafio em turmas numerosas e em contextos com limitações de infraestrutura (CETIC.BR, 2024).

Metodologia

Esta pesquisa caracteriza-se como um estudo qualitativo, descritivo e de natureza comparativa, voltado à análise das respostas produzidas por diferentes inteligências artificiais na resolução de questões de Cálculo Diferencial e Integral. Segundo Prodanov e Freitas (2013, p. 52), "a pesquisa descritiva procura classificar, explicar e interpretar fatos que ocorrem [...]" e acontece "[...] quando o pesquisador apenas registra e descreve os fatos observados sem interferir neles". Foram selecionadas cinco ferramentas de ampla circulação e relevância no cenário atual: Gemini Free, Gemini Pro, ChatGPT Free, Perplexity AI Pro (utilizando o modelo Claude Sonnet) e Grok AI Free, de modo a contemplar tanto versões gratuitas quanto pagas e diferentes propostas de interface e recursos. A escolha das ferramentas considerou sua disponibilidade no Brasil, popularidade entre estudantes universitários e potencial de uso em contextos educacionais, tomando como referência testes preliminares realizados com problemas de limites, derivadas e integrais.

O *prompt* (instrução ou comando textual fornecido pelo usuário para orientar a resposta de um sistema de IA) utilizado nos testes foi elaborado pelos autores com foco didático, solicitando que a IA atuasse como especialista em Cálculo Diferencial e Integral e produzisse soluções detalhadas, passo a passo, com explicitação do raciocínio matemático, indicação de erros comuns e verificação dos resultados. O texto do *prompt* elaborado pelos autores foi o seguinte:

> *Você é um especialista em Cálculo Diferencial e Integral com foco didático. Sua tarefa é resolver problemas matemáticos de limites, derivadas e integrais de forma clara, passo a passo, como um professor explicando para um estudante universitário. Siga rigorosamente as instruções abaixo: resolva cada questão detalhando todas as etapas intermediárias, evitando pular passos; explique o raciocínio por trás de cada transformação matemática; use notação matemática clara e padronizada; quando*

possível, apresente mais de uma abordagem; indique erros comuns que estudantes poderiam cometer; ao final de cada solução, forneça uma verificação ou interpretação do resultado.

A cada inteligência artificial foi apresentado exatamente o mesmo *prompt*, seguido de um conjunto de cinco questões de cálculo, sem fornecer exemplos de respostas anteriores ou *feedback* corretivo durante o processo. As questões contemplam conteúdos fundamentais de um primeiro curso de cálculo, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Questões utilizadas na pesquisa

QUESTÃO	ENUNCIADO	CONTEÚDO
1	Calcule: $\lim_{x\to 2}\left[\frac{(x^2-4)}{(x-2)}\right]$	Limites
2	Encontre a derivada de: $f(x) = x^3 ln(x)$	Derivada
3	Encontre a derivada de: $f(x) = \frac{(2x^2+3x)}{(x+1)}$	Derivada
4	Calcule: $\int (3x^2 + 2x + 1)\, dx$	Integral
5	Calcule: $\int xe^x dx$	Integral

Fonte: Autoria Própria (2026).

Comparação de *Prompts* aplicados a diferentes IA

Os testes realizados com as cinco inteligências artificiais evidenciam que todas foram capazes de resolver corretamente as cinco questões propostas de limites, derivadas e integrais, ainda que com diferenças importantes na forma de apresentação das soluções e na qualidade didática do passo a passo. As respostas obtidas por Gemini Free, Gemini Pro, ChatGPT Free, Perplexity AI Pro e Grok AI Free por para a primeira questão, podem ser vistas nas figuras de 1 a 5, respectivamente. As demais respostas podem ser encontradas no repositório https://zenodo.org/records/21299882. De modo geral, observou-se que a aplicação do mesmo *prompt* produziu respostas que variam em extensão, nível de detalhamento, uso de notação matemática e grau de aderência às instruções de explicitação de estratégias, erros comuns e verificações finais.

Figura 1 - Resposta do Gemini Free referente à primeira questão



Resolução passo a passo:

Abordagem A: Fatoração

1. **Teste direto:** Ao substituir x por 2, obtemos $\frac{2^2-4}{2-2} = \frac{0}{0}$. Isso é uma indeterminação, o que significa que o limite existe, mas precisamos "limpar" a expressão.
2. **Identificação da identidade:** O numerador $x^2 - 4$ é uma diferença de quadrados, que segue a regra $a^2 - b^2 = (a - b)(a + b)$. Portanto, $x^2 - 4 = (x - 2)(x + 2)$.
3. **Simplificação:**

$$\lim_{x \to 2} \frac{(x - 2)(x + 2)}{x - 2}$$

4. **Cancelamento:** Como estamos calculando o limite (onde x se aproxima de 2, mas não é exatamente 2), podemos cancelar o termo $(x - 2)$:

$$\lim_{x \to 2} (x + 2)$$

5. **Cálculo final:** $2 + 2 = 4$.

Abordagem B: Regra de L'Hôpital

Como temos uma forma $\frac{0}{0}$, derivamos o numerador e o denominador separadamente:

1. Derivada de $(x^2 - 4)$ é $2x$.
2. Derivada de $(x - 2)$ é 1.
3. Aplicando o limite: $\lim_{x \to 2} \frac{2x}{1} = 2(2) = 4$.

Erro comum: Tentar dividir por zero logo no início ou esquecer de carregar a notação de "lim" até o passo final da substituição.

Resultado final:

$$4$$

Verificação:

Graficamente, a função $f(x) = \frac{x^2-4}{x-2}$ é uma reta $y = x + 2$ com um "furo" no ponto $(2, 4)$. À medida que nos aproximamos de $x = 2$ por ambos os lados, o valor de y tende claramente a 4

Fonte: Autoria Própria (2026)

No Gemini Free, as respostas apresentaram resultados corretos e uma organização estrutural eficiente. O modelo evitou a prolixidade ao adotar um *layout* baseado em passos numerados e subtítulos diretos, facilitando o acompanhamento lógico das resoluções. A formatação matemática mostrou-se estável, com renderização adequada de equações, limites e frações. Ao oferecer diferentes estratégias de resolução e alertas sobre erros comuns, a versão gratuita se estabelece como uma ferramenta funcional e bem organizada para o estudo autônomo.

Figura 2 - Resposta do Gemini Pro referente à primeira questão



Abordagem 1: Fatoração Algébrica

Passo 2: Observamos que o numerador é uma diferença de quadrados, onde $a^2 - b^2 = (a - b)(a + b)$. Portanto:

$$x^2 - 4 = (x - 2)(x + 2)$$

Passo 3: Substituímos na expressão original e simplificamos. Como $x \to 2$, sabemos que $x \neq 2$, logo $x - 2 \neq 0$. Podemos cancelar os termos comuns em segurança:

$$\lim_{x \to 2} \frac{(x - 2)(x + 2)}{x - 2} = \lim_{x \to 2} (x + 2)$$

Passo 4: Aplicamos o limite: $2 + 2 = 4$

Abordagem 2: Regra de L'Hôpital

Como temos uma indeterminação do tipo $0/0$, podemos derivar o numerador e o denominador separadamente.

Passo 2: Derivada do numerador: $\frac{d}{dx}(x^2 - 4) = 2x$

Passo 3: Derivada do denominador: $\frac{d}{dx}(x - 2) = 1$

Passo 4: Aplicamos o limite na nova função:

$$\lim_{x \to 2} \frac{2x}{1} = 2(2) = 4$$

Erro Comum: Um estudante poderia concluir erroneamente que o limite "não existe" só por encontrar a divisão por zero inicialmente, sem perceber que o $0/0$ exige uma investigação analítica mais profunda.

Resultado Final:

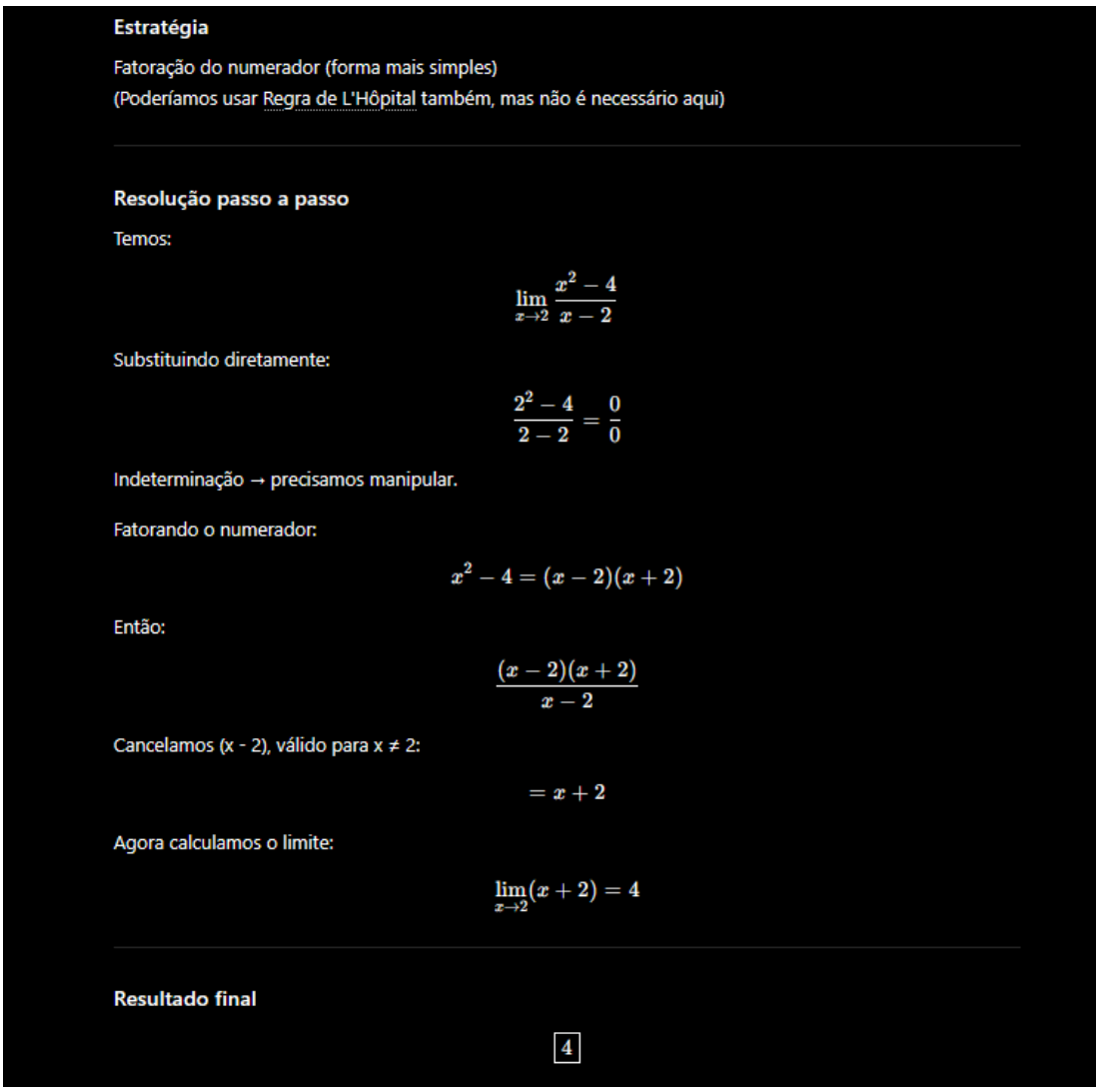
$$4$$

Verificação / Interpretação: Graficamente, a função da equação é idêntica à reta $y = x + 2$, exceto por uma descontinuidade removível (um "buraco") exatamente no ponto de coordenadas (2, 4). O limite confirma que, conforme nos aproximamos de $x = 2$, os valores de y se aproximam de 4.

Fonte: Autoria Própria (2026)

O Gemini Pro, por sua vez, apresentou estrutura superior, com etapas bem definidas, melhor encadeamento entre identificação do tipo de problema, escolha de estratégia, desenvolvimento algébrico e verificação, além de excelente controle da notação matemática. As respostas foram mais consistentes e coesas, com menor ocorrência de ambiguidades e com uso mais frequente de justificativas conceituais, como a interpretação geométrica de derivadas ou o significado de integrais definidas. Tal desempenho é coerente com a proposta de maior capacidade do modelo Pro para tarefas de maior complexidade e rigor acadêmico.

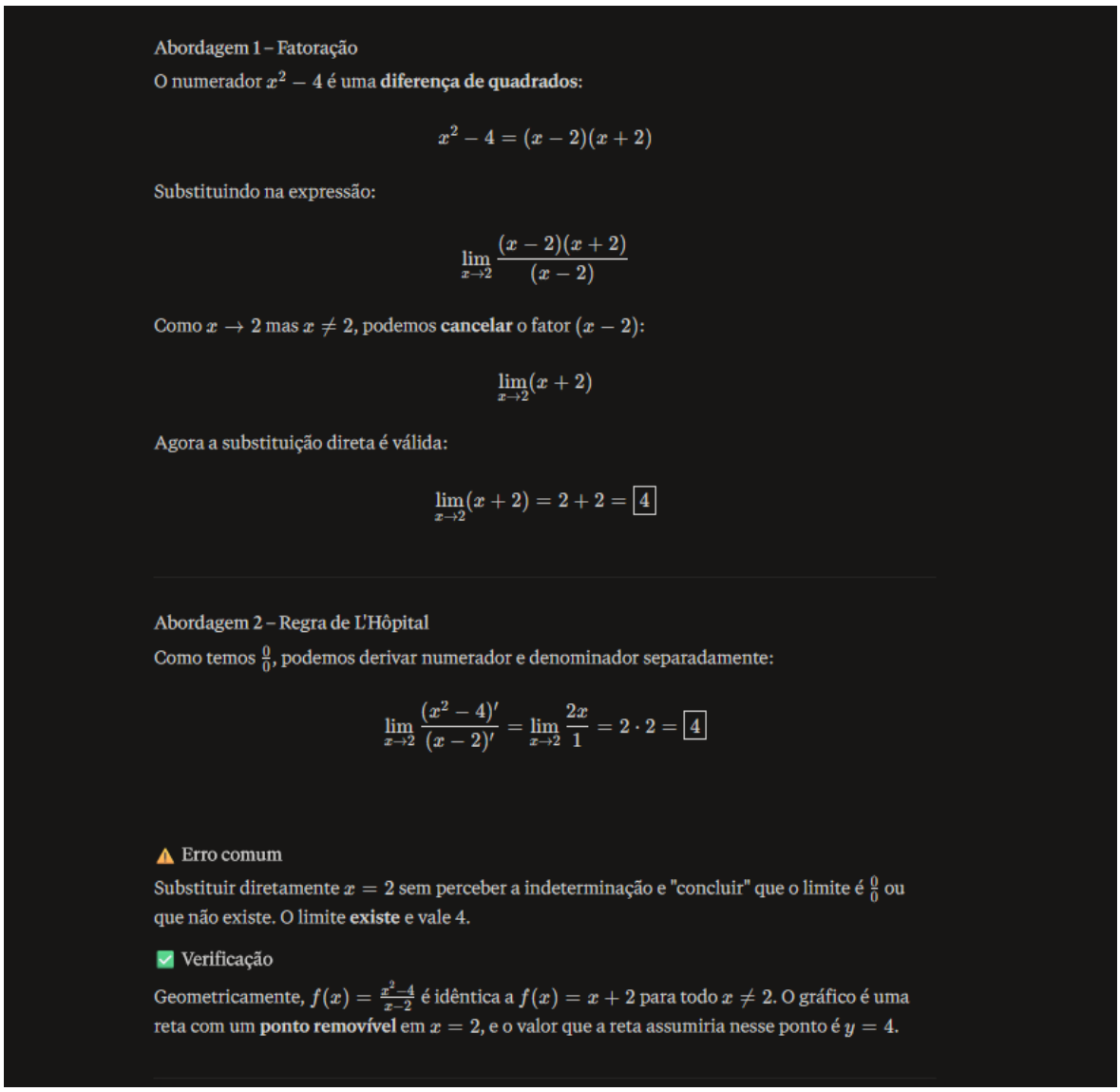
Figura 3 - Resposta do ChatGPT Free referente à primeira questão



Fonte: Autoria Própria (2026)

Em relação ao ChatGPT Free, as respostas mostraram resultados corretos para as cinco questões, com boa explicação do raciocínio e linguagem acessível, porém com menor rigor formal quando comparadas às versões pagas dos demais modelos. Houve menor padronização da notação matemática e, em alguns casos, omissão de justificativas conceituais mais profundas, o que pode limitar seu uso em produções estritamente acadêmicas, embora o torne bastante adequado como apoio rápido para esclarecimento de dúvidas e revisão de procedimentos algébricos. A simplicidade relativa das explicações pode ser vantajosa para estudantes em estágio avançado de contato com o cálculo.

Figura 4 - Resposta do Perplexity Pro referente à primeira questão



Abordagem 1 – Fatoração

O numerador $x^2 - 4$ é uma **diferença de quadrados**:

$$x^2 - 4 = (x - 2)(x + 2)$$

Substituindo na expressão:

$$\lim_{x \to 2} \frac{(x - 2)(x + 2)}{(x - 2)}$$

Como $x \to 2$ mas $x \neq 2$, podemos **cancelar** o fator $(x - 2)$:

$$\lim_{x \to 2} (x + 2)$$

Agora a substituição direta é válida:

$$\lim_{x \to 2} (x + 2) = 2 + 2 = \boxed{4}$$

Abordagem 2 – Regra de L'Hôpital

Como temos $\frac{0}{0}$, podemos derivar numerador e denominador separadamente:

$$\lim_{x \to 2} \frac{(x^2 - 4)'}{(x - 2)'} = \lim_{x \to 2} \frac{2x}{1} = 2 \cdot 2 = \boxed{4}$$

⚠ Erro comum

Substituir diretamente $x = 2$ sem perceber a indeterminação e "concluir" que o limite é $\frac{0}{0}$ ou que não existe. O limite **existe** e vale 4.

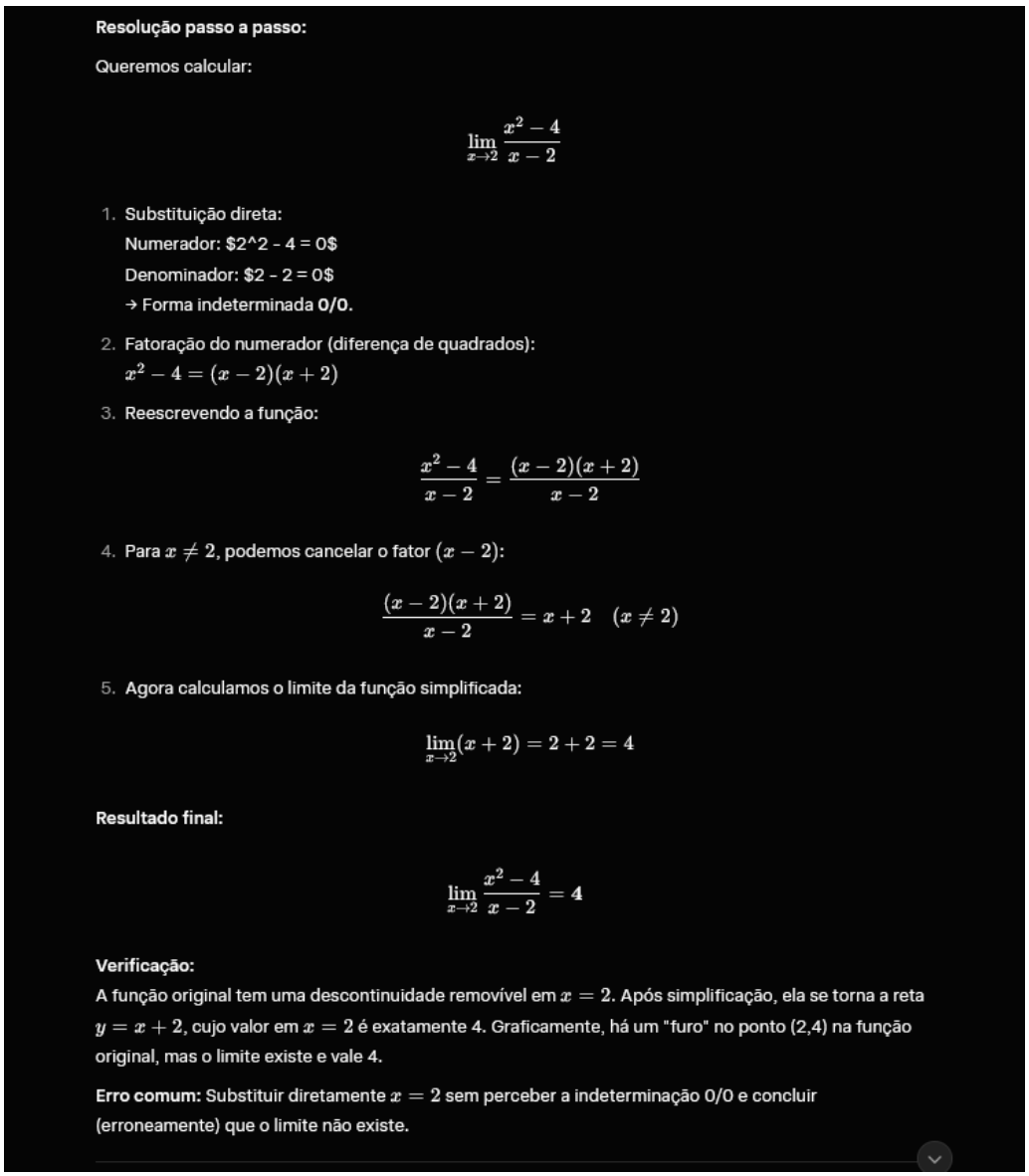
✅ Verificação

Geometricamente, $f(x) = \frac{x^2-4}{x-2}$ é idêntica a $f(x) = x + 2$ para todo $x \neq 2$. O gráfico é uma reta com um **ponto removível** em $x = 2$, e o valor que a reta assumiria nesse ponto é $y = 4$.

Fonte: Autoria Própria (2026)

O Perplexity AI Pro, utilizando o modelo Claude Sonnet, destacou-se pela organização superior das respostas, com seções bem delimitadas, títulos para cada etapa (identificação do tipo de problema, estratégia, resolução, resultado e verificação), com inclusão de ícones nas duas últimas etapas, o que facilita a identificação destas. As explicações foram consistentes, com cuidado na argumentação e na referência a conceitos fundamentais, além de uma apresentação mais estável da notação matemática. O modelo também manteve boa aderência ao prompt, explicitando erros comuns e realizando verificações relevantes, o que o torna especialmente adequado para elaboração de materiais didáticos, roteiros de aula e textos de apoio.

Figura 5 - Resposta do Grok AI referente à primeira questão



Resolução passo a passo:

Queremos calcular:

$$\lim_{x \to 2} \frac{x^2 - 4}{x - 2}$$

1. Substituição direta:
   Numerador: $2^2 - 4 = 0$
   Denominador: $2 - 2 = 0$
   → Forma indeterminada **0/0**.
2. Fatoração do numerador (diferença de quadrados):
   $x^2 - 4 = (x - 2)(x + 2)$
3. Reescrevendo a função:

$$\frac{x^2 - 4}{x - 2} = \frac{(x - 2)(x + 2)}{x - 2}$$

4. Para $x \neq 2$, podemos cancelar o fator $(x - 2)$:

$$\frac{(x - 2)(x + 2)}{x - 2} = x + 2 \quad (x \neq 2)$$

5. Agora calculamos o limite da função simplificada:

$$\lim_{x \to 2} (x + 2) = 2 + 2 = 4$$

Resultado final:

$$\lim_{x \to 2} \frac{x^2 - 4}{x - 2} = 4$$

Verificação:
A função original tem uma descontinuidade removível em $x = 2$. Após simplificação, ela se torna a reta $y = x + 2$, cujo valor em $x = 2$ é exatamente 4. Graficamente, há um "furo" no ponto (2,4) na função original, mas o limite existe e vale 4.

Erro comum: Substituir diretamente $x = 2$ sem perceber a indeterminação 0/0 e concluir (erroneamente) que o limite não existe.

Fonte: Autoria Própria (2026)

Por fim, a análise do Grok AI Free revelou resultados distantes do ideal para a aplicação educacional. A ferramenta falhou ao apresentar uma sintaxe estrutural ruim, o que afeta diretamente a apresentação e a leitura das fórmulas matemáticas. Somado a isso, o encadeamento das resoluções mostrou-se desordenado, com saltos lógicos que quebram a continuidade do raciocínio. Devido a essas inconsistências, a aderência às instruções do prompt foi baixa. A ausência de um desenvolvimento estruturado e os problemas na formatação técnica representam barreiras significativas, prejudicando a interpretação dos resultados e a aprendizagem dos estudantes.

Conclusão

A análise comparativa das respostas produzidas pelas cinco inteligências artificiais, Gemini Free (operando com o modelo Gemini 3.5 Flash), Gemini Pro (operando com o modelo Gemini 3.1 Pro), ChatGPT Free (utilizando a arquitetura GPT-5.5 Instant), Perplexity AI Pro (Claude Sonnet 5) e Grok AI Free (SuperGrok Lite), mostrou que elas desempenham papéis distintos no apoio ao ensino de Cálculo Diferencial e Integral. A coleta de dados e a submissão do *prompt* a todos os modelos ocorreram em uma janela única de testes, realizada entre os dias 28 e 29 de abril de 2026. Esse recorte temporal foi estabelecido para garantir que todas as inteligências artificiais fossem avaliadas sob as mesmas condições de atualização algorítmica, minimizando vieses decorrentes de updates silenciosos nos sistemas. Entre os modelos avaliados, Gemini Pro e Perplexity AI Pro apresentaram o melhor desempenho global: mantiveram alto rigor algébrico, organização clara em etapas (identificação do problema, escolha de estratégia, desenvolvimento, verificação), notação estável e explicações conceituais mais profundas sobre limites, derivadas e integrais. Isso os torna particularmente adequados para apoiar o estudo sistemático, a elaboração de materiais didáticos, roteiros de aula e textos de apoio com qualidade próxima à esperada em contextos acadêmicos.

O Gemini Free e o ChatGPT Free tiveram desempenho intermediário, mas positivo. O Gemini Free se destacou pela boa organização das soluções, com passos numerados, diferentes estratégias de resolução e alertas sobre erros comuns, oferecendo um formato que favorece o acompanhamento passo a passo por estudantes em estudo autônomo. Já o ChatGPT Free produziu respostas corretas para todas as questões e utilizou linguagem acessível, o que facilita a compreensão por alunos com diferentes níveis de familiaridade com o Cálculo; contudo, apresentou menor padronização na notação e, em alguns momentos, explicações menos aprofundadas em termos conceituais. Em termos pedagógicos, esses dois modelos contribuem mais para revisão rápida de procedimentos, esclarecimento de dúvidas e geração de exemplos adicionais do que para materiais que exijam rigor matemático máximo.

O Grok AI Free, por sua vez, configurou-se como o modelo de pior desempenho para fins educacionais nesta pesquisa. Apesar de chegar aos resultados corretos, suas respostas foram prejudicadas por problemas de sintaxe estrutural, formatação inadequada das expressões matemáticas e encadeamento lógico pouco claro, com saltos de raciocínio que dificultam o acompanhamento por parte do estudante.

Diante desse quadro, o objetivo do artigo, analisar comparativamente as respostas das IA, permite afirmar que a melhoria do ensino de cálculo com apoio de inteligência artificial depende de uma escolha intencional de ferramentas e de um uso pedagógico bem delimitado. Gemini Pro e Perplexity AI Pro são mais indicados para materiais estruturados, aprofundamento conceitual e apoio a práticas docentes que exigem rigor e clareza; Gemini Free e ChatGPT Free mostram-se úteis para estudo autônomo, revisão rápida e ampliação do repertório de exemplos; e o Grok AI Free não deve ser utilizado como fonte principal de explicações passo a passo, sob risco de induzir interpretações equivocadas. Em todos os casos, as IA analisadas só contribuem de forma efetiva para o ensino de Cálculo Diferencial e Integral quando articuladas a objetivos pedagógicos claros, critérios de verificação das respostas e à atuação ativa do professor como mediador, curador e orientador do uso responsável dessas tecnologias.

Referências

BARROS, José Emanuel Felipe; ABREU, Jair Dias. Inteligência Artificial na Educação Matemática: O que vem sendo pesquisado. **Com a Palavra, o Professor**, *[S. l.]*, v. 9, n. 25, p. 283–304, 2025. DOI: 10.22481/cpp.v9i25.17445. Disponível em: https://periodicos2.uesb.br/cpp/article/view/17445. Acesso em: 9 jul. 2026.

BHUMS, Roy A. Product Review / Évaluation de produit. **Journal of the Canadian Health Libraries Association**, *[s. l.]*, v. 46, n. 2, p. 47–52, 1 ago. 2025. DOI: 10.29173/jchla29877. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12352446/. Acesso em: 17 jun. 2026.

CETIC.BR. Estudo do Cetic.br revela demanda por formação e por diretrizes para a adoção da IA para alunos e professores do Ensino Médio. São Paulo: Cetic.br, 2025. Disponível em: https://cetic.br/pt/noticias/indice/. Acesso em: 17 jun. 2026.

CETIC.BR. TIC Educação 2024: pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nas escolas brasileiras. São Paulo: Cetic.br, 2024. Disponível em: https://www.cetic.br/media/docs/publicacoes/2/pt-br/20251217165522/tic_educacao_2024_livro_completo.pdf. Acesso em: 17 jun. 2026.

CGI.BR. Sete em cada dez alunos do Ensino Médio usam IA generativa em pesquisas escolares, revela TIC Educação. São Paulo: CGI.br, 2025. Disponível em: https://cetic.br/noticia/sete-em-cada-dez-alunos-do-ensino-medio-usam-ia-generativa-em-pesquisas-escolares-revela-tic-educacao/. Acesso em: 17 jun. 2026.

CUNHA, Sandro René; PINTO, Márcia Maria Fusaro. **Processos de transição no ensino de matemática**: O caso da passagem do cálculo de uma a mais variáveis. In: Série Educar - Volume 40 - Prática Docente.

Belo Horizonte: Editora Poisson, 2020. ISBN 978-65-86127-71-3. DOI: 10.36229/978-65-86127-71-3.CAP.18. Disponível em: https://editorapoisson.com.br/C-0479/capitulo/18/. Acesso em: 5 jul. 2026.

DA NÓBREGA, Baldoino Sonildo; COÊLHO, José Bruno da Silva.; DOS SANTOS, Rodiney Marcelo Braga; GONZAGA, Antônia Edivaneide de Sousa. Diagnostico sobre os fatores associados a reprovação nas disciplinas de matemática de cursos de graduação de uma instituição pública de ensino. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 70–94, 2023. DOI: 10.55905/cuadv15n1-005. Disponível em: https://ojs.cuadernoseducacion.com/ojs/index.php/ced/article/view/927. Acesso em: 18 jun. 2026.

GAMA, Júlio César Lima; SOUSA, Reudismam Rolim de; GONÇALVES, Samara Martins Nascimento. A inteligência artificial para o ensino-aprendizagem do cálculo diferencial e integral na educação superior. **RECIMA21 – Revista Científica Multidisciplinar**, v. 6, n. 12, e6127058, 2025. DOI: 10.47820/recima21.v6i12.7058.

GARZELLA, Fabiana Colombo. Disciplina com alto índice de reprovação é tema de pesquisa: tese da FE analisa impactos das práticas pedagógicas adotadas por docentes de Cálculo I. **Jornal da Unicamp**, Campinas, n. 581, 28 out. 2013. Disponível em: https://www.unicamp.br/unicamp/ju/581/disciplina-com-alto-indice-de-reprovacao-e-tema-de-pesquisa. Acesso em: 17 jun. 2026.

HENRIQUES, Afonso; FARIAS, Elisângela Silva; FUNATO, Rosane Leite. A geometria analítica como aliada importante na aprendizagem em cálculo diferencial e integral: o caso de integrais múltiplas nos cursos de engenharias. **Revista Ensino em Debate**, Fortaleza, v. 2, p. e2024005, 2024. DOI: 10.21439/2965-6753.v2.e2024005. Disponível em: https://revistarede.ifce.edu.br/ojs/index.php/rede/article/view/18. Acesso em: 18 jun. 2026.

MENDES, Luiz O. R.; JOLANDEK, E. G.; DA LUZ, J. A. ; PEREIRA, A. L. O uso da Inteligência Artificial no ensino de Cálculo Diferencial e Integral: reflexões sobre erros e posicionamento crítico. **Com a Palavra, o Professor**, *[S. l.]*, v. 9, n. 25, p. 135–149, 2025. DOI: 10.22481/cpp.v9i25.17436. Disponível em: https://periodicos2.uesb.br/cpp/article/view/17436. Acesso em: 9 jul. 2026.

NOGUTI, Fabiane Cristina Höpner. A resolução de problemas na transição da educação básica para o ensino superior. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA (EIEMAT), 4., 2014, Santa Maria. **Anais** [...]. Santa Maria: UFSM. Disponível em: http://w3.ufsm.br/ceem/eiemat/Anais/arquivos/ed_4/CC/CC_Noguti_Fabiane_C_Hopner.pdf. Acesso em: 19 jun. 2026.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Editora Feevale, 2013. Disponível em: https://www.feevale.br/institucional/editora-feevale/metodologia-do-trabalho-cientifico---2-edicao. Acesso em: 3 set. 2026.

SANTOS, Jhonata Moraes dos. **Uma abordagem colaborativa para o ensino de cálculo diferencial e integral**. 2021. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus (AM), 2021. Disponível em: https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/8661. Acesso em: 19 jun. 2026.

SANTOS, R. P.; SANT'ANA, C. DE C.; SANT'ANA, I. P. O ChatGPT como recurso de apoio no ensino da Matemática. **Revemop**, v. 5, p. e202303, 11 jul. 2023.

SILVA, Pedro Aurélio Cardoso da; MOTA, Janine Freitas. Dificuldades nos processos de ensino e de aprendizagem de Mudanças de Coordenadas: uma análise no contexto do Cálculo Integral. **Revista Internacional de Pesquisa em Educação Matemática**, Brasília, v. 14, n. 4, p. 1–16, 2024. DOI: 10.37001/ripem.v14i4.4367. Disponível em: https://www.sbembrasil.org.br/periodicos/index.php/ripem/article/view/4367. Acesso em: 9 jul. 2026.

SILVA JUNIOR, Silvino Marques da; OLIVEIRA, Gildon César de; LUZ, Fabio Pinheiro. Explorando o Potencial das IAs Generativas no Ensino de Matemática: Uma Proposta de Material Educacional Digital. *In*: WORKSHOP EM ESTRATÉGIAS TRANSFORMADORAS E INOVAÇÃO NA EDUCAÇÃO (WETIE), 2., 2024, Rio de Janeiro/RJ. **Anais** [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2024. p. 65-68. DOI: 10.5753/wetie.2024.245524. Acesso em: 9 jul. 2026.

UNESCO. **Guia para a IA generativa na educação e na pesquisa**. Paris: UNESCO, 2024. Disponível em: https://www.unesco.org/pt/articles/guia-para-ia-generativa-na-educacao-e-na-pesquisa. Acesso em: 17 jun. 2026.

UNESCO. **Relatório de monitoramento global da educação 2023**: a tecnologia na educação: uma ferramenta a serviço de quem? Paris: UNESCO, 2023. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386147_por. Acesso em: 17 jun. 2026.

ZARPELON, E.; DE RESENDE, L. M. M.; REIS, E. F. Análise do desempenho de alunos ingressantes de engenharia na disciplina de cálculo diferencial e integral I. **INTERFACES DA EDUCAÇÃO**, *[S. l.]*, v. 8, n. 22, p. 303–335, 2017. DOI: 10.26514/inter.v8i22.1416. Disponível em: https://periodicosonline.uems.br/interfaces/article/view/1416. Acesso em: 9 jul. 2026.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).