

ENSINO DE CÁLCULO DIFERENCIAL NA ENGENHARIA: EXEMPLOS CONTEXTUALIZADOS PARA AUXILIAR A COMPREENSÃO DOS CONCEITOS ESTUDADOS E OUTRAS FERRAMENTAS

Matheus Vieira de Faria

Silmara Alexandra da Silva Vicente

Apoio: PIBIC Mackenzie

RESUMO

As disciplinas de Cálculo Diferencial e Integral I constituem historicamente um dos principais gargalos nos cursos de Engenharia, apresentando elevados índices de evasão e reprovação que comprometem a formação profissional. Este estudo teve como objetivo examinar os fatores que dificultam a aprendizagem de Cálculo I e identificar estratégias pedagógicas eficazes para sua superação, através de revisão sistemática da literatura científica recente. A metodologia adotada envolveu análise qualitativa de vinte artigos científicos selecionados mediante critérios específicos de relevância temática, rigor metodológico e diversidade institucional, empregando análise temática como estratégia analítica principal. Os resultados evidenciam que as dificuldades tradicionalmente observadas resultam de práticas pedagógicas inadequadas aos processos cognitivos da aprendizagem matemática, não de limitações inerentes aos estudantes. A convergência das evidências revela quatro dimensões fundamentais: temporal-cognitiva (segmentação de aulas em pequenos blocos de até 30 minutos com pausas estratégicas, haja vista concentração ótima de 15 a 20 minutos), neuromuscular (implementação de pausas ativas para restauração atencional), instrucional-cognitiva (aplicação da Teoria da Carga Cognitiva no design pedagógico) e psicossocial (consideração de fatores motivacionais e emocionais). As estratégias de intervenção analisadas demonstram resultados empiricamente validados, incluindo melhoria de 52,1% para 82,4% na aprovação em primeira tentativa através de avaliação continuada, e 75,4% de satisfação estudantil com metodologias ativas. Conclui-se que a aplicação sistemática de princípios científicos bem estabelecidos pode transformar significativamente os resultados educacionais em Cálculo I, oferecendo diretrizes concretas para a melhoria da prática pedagógica no ensino superior.

Palavras-chave: Cálculo Diferencial e Integral; Teoria da Carga Cognitiva; Metodologias Ativas.

ABSTRACT

Differential and Integral Calculus I courses have historically constituted one of the main bottlenecks in Engineering programs, presenting high dropout and failure rates that compromise professional training. This study aimed to examine factors that hinder Calculus I learning and identify effective pedagogical strategies for overcoming them through a systematic review of recent scientific literature. The methodology involved qualitative analysis of twenty scientific articles selected through specific criteria of thematic relevance, methodological rigor, and institutional diversity, employing thematic analysis as the main analytical strategy. Results demonstrate that traditionally observed difficulties result from pedagogical practices inadequate to the cognitive processes of mathematical learning, not from inherent student limitations. The convergence of evidence reveals four fundamental dimensions: temporal-cognitive (class segmentation up to 30 minute small modules with strategic breaks, considering great attention between 15 to 20 minutes), neuromuscular (implementation of active breaks for attentional restoration), instructional-cognitive (application of Cognitive Load Theory in pedagogical design), and psychosocial (consideration of motivational and emotional factors). The analyzed intervention strategies demonstrate empirically validated results, including improvement from 52.1% to 82.4% in first-attempt approval through continuous assessment, and 75.4% student satisfaction with active methodologies. It is concluded that systematic application of well-established scientific principles can significantly transform educational outcomes in Calculus I, offering concrete guidelines for improving pedagogical practice in higher education.

KEYWORDS

Keywords: Differential and Integral Calculus; Cognitive Load Theory; Active Methodologies.

INTRODUÇÃO

As disciplinas de Cálculo Diferencial e Integral, em especial o Cálculo I (CDI-I), constituem historicamente um dos principais gargalos nos cursos de Engenharia no Brasil e no exterior, apresentando elevados índices de evasão, reprovação e retenção que comprometem a formação profissional (RASMUSSEN; MARRONGELLE; BORBA, 2014). Em instituições brasileiras, os dados quantitativos ilustram a gravidade da situação: no Instituto Federal da Paraíba (IFPB), a taxa de retenção atingiu 60,25% entre 2014 e 2017 (SANTOS et al., 2020); na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), a evasão no curso de Ciência da Computação alcançou 41%, com Cálculo I identificado como disciplina crítica (OLIVEIRA; SANTOS; ALMEIDA, 2020). No mesmo IFPB, no curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas, dos 318 matriculados apenas 86 foram aprovados, revelando um índice de 72,96% de reprovação ou desistência (SANTOS et al., 2020). Situação semelhante é observada no Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG), onde se registram “índices de reprovação superiores aos das demais disciplinas do ciclo básico” (MACÊDO; GREGOR, 2020), e na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), onde 48,8% dos matriculados foram reprovados em Cálculo I de 2019.1 a 2021.2, sendo que 43% dos respondentes já haviam enfrentado reprovação ou retenção na disciplina (MAIA; SILVA, 2022). Esse quadro, que se repete em diferentes contextos, evidencia um fenômeno estrutural e persistente.

A literatura científica converge ao apontar a formação matemática insatisfatória no ensino médio como uma das principais causas dessas dificuldades. Dados do PISA 2019 mostram que 68,1% dos estudantes brasileiros não atingem nível suficiente de proficiência em matemática (MAIA; SILVA, 2022). De forma ainda mais alarmante, cerca de 72% encerram o ensino médio com nível insuficiente e 24% estão no nível zero da escala (FAJARDO; FOREQUE, 2018). Essa defasagem compromete o desenvolvimento do pensamento abstrato exigido no ensino superior e se intensifica pela falta de articulação entre os níveis de ensino. Como afirmam Borges Neto e Barbosa (1994), “a falta do elo, de um relacionamento maior entre os níveis de ensino, principalmente entre o nível secundário e o universitário, tem trazido grandes dificuldades na relação ensino-aprendizagem dos alunos que fazem a disciplina Cálculo Diferencial e Integral I”. Esse salto conceitual abrupto leva ao desestímulo, como destacam Rissi e Marcondes (2011), pois os conteúdos superiores apresentam complexidade muito acima do que os alunos vivenciaram no ensino médio.

Outro fator crítico refere-se ao modelo pedagógico tradicional, marcado por formalismo abstrato e ausência de aplicações práticas. Muitas vezes o aluno é treinado apenas a usar

fórmulas e regras, sem desenvolver raciocínio ou compreender a construção do conhecimento matemático (BORGES NETO; BARBOSA, 1994). Essa desconexão entre teoria e prática contribui para a desmotivação e para a percepção de Cálculo I como obstáculo intransponível. Em paralelo, estudos internacionais sobre duração das aulas mostram que formatos longos e expositivos prejudicam a atenção e o desempenho. Sheridan, Smith e Pleggenkuhle-Miles (2017) verificaram queda média de 4% no rendimento em conteúdos ministrados na segunda metade de aulas longas. Do ponto de vista neurocognitivo, Stuart e Rutherford (1978 apud LE, 2021) já haviam indicado que a concentração ótima ocorre nos primeiros 10 a 15 minutos, declinando progressivamente até o final da aula. Esse excesso de carga cognitiva, se não administrado, gera frustração e queda no engajamento (GUPTA; ZHENG, 2020).

As dificuldades também se manifestam na dimensão emocional e motivacional. Muitos estudantes relatam sentimentos de frustração e inadequação diante das dificuldades em Cálculo I, o que leva ao abandono precoce do curso (OLIVEIRA; SANTOS; ALMEIDA, 2020). Em alguns casos, a primeira reprovação já é suficiente para provocar a desistência, reforçando a visão da disciplina como barreira intransponível. Esse impacto se soma a um cenário nacional de evasão no ensino superior: se em 2010, 11,4% dos alunos desistiram da graduação, em 2014 esse índice alcançou 49% (BRASIL, 2018). Evidencia-se, assim, que as dificuldades iniciais em disciplinas básicas como Cálculo I têm peso decisivo na permanência dos estudantes.

Portanto, as causas da reprovação e evasão em Cálculo I são multifatoriais, combinando lacunas formativas, metodologias de ensino descontextualizadas, sobrecarga cognitiva e fatores emocionais. Reconhecer a natureza estrutural desse problema é fundamental para a busca de soluções. Estudos recentes apontam que estratégias pedagógicas como a aplicação da Teoria da Carga Cognitiva, a introdução de pausas estratégicas, a contextualização dos conteúdos e o uso de metodologias ativas podem melhorar de forma significativa os índices de aprovação e retenção. A relevância desse debate transcende o meio acadêmico: formar engenheiros capazes de superar a etapa inicial do Cálculo é condição essencial para a qualidade da formação profissional e para o desenvolvimento nacional.

REFERENCIAL TEÓRICO

O ensino e a aprendizagem de Cálculo Diferencial e Integral I em cursos de Engenharia configuram um fenômeno complexo e multifacetado que mobiliza pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento. As evidências empíricas convergem em apontar que as dificuldades enfrentadas pelos estudantes não se limitam a aspectos técnicos ou curriculares, mas envolvem

fatores cognitivos, emocionais, metodológicos e institucionais que se inter-relacionam de forma dinâmica.

Um dos elementos centrais é a formação matemática deficiente no ensino médio. Santos et al. (2020) identificaram que os alunos ingressam no ensino superior com lacunas significativas, sobretudo em trigonometria e funções. Roloff e Roloff (2020) reforçam esse diagnóstico, mostrando que cerca de 72% dos estudantes concluem o ensino médio com nível insuficiente em matemática, e 24% estão no nível zero de proficiência. Esses números confirmam a ruptura estrutural entre o ensino básico e superior, já destacada por Borges Neto e Barbosa (1994), que apontam “a falta do elo, de um relacionamento maior entre os níveis de ensino, principalmente entre o nível secundário e o universitário”. Essa descontinuidade gera um salto conceitual abrupto, que se traduz em desestímulo e dificuldades de adaptação ao ambiente acadêmico (RISSI; MARCONDES, 2011).

As estatísticas institucionais ilustram a magnitude do problema. Na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), 48,8% dos matriculados em Cálculo I de 2019.1 até 2021.2 foram reprovados, e 43% dos respondentes de questionário institucional já haviam enfrentado reprovação ou retenção na disciplina (MAIA; SILVA, 2022). No Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG), professores relataram que a principal dificuldade dos alunos está nos conteúdos de matemática básica, como manipulação algébrica, frações e interpretação de gráficos, evidência corroborada pelo baixo desempenho estudantil (MACÊDO; GREGOR, 2020). No Instituto Federal do Tocantins (IFTO), mesmo após algumas melhorias, as taxas de aprovação permaneceram baixas, variando de 14,8% (2015/2–2017/1) para 42,5% (2017/2–2020/1) (ALVES et al., 2022). Esse conjunto de dados mostra que o problema é estrutural e persistente, não restrito a regiões ou instituições específicas.

A dimensão emocional também exerce papel relevante. Oliveira, Santos e Almeida (2020) observaram que muitos estudantes associam Cálculo I a sentimentos de frustração e inadequação, sendo comum que considerem abandonar o curso já após a primeira reprovação. Rožman, Vrečko e Tominc (2025) evidenciam que a ansiedade, particularmente a relacionada a provas, afeta negativamente o desempenho acadêmico, enquanto a motivação intrínseca tem impacto positivo tanto nos indicadores de desempenho quanto no sucesso acadêmico percebido. A saúde mental, por sua vez, exerce influência significativa sobre a aprendizagem, reforçando a necessidade de abordagens pedagógicas que considerem a integralidade da experiência estudantil. Estudos de Howard et al. (2021) mostram que estudantes motivados por interesse pessoal apresentam melhor desempenho e bem-estar, enquanto a regulação identificada

favorece persistência, sobretudo quando há equilíbrio entre vida acadêmica e pessoal. A ausência de acompanhamento pedagógico próximo nos primeiros semestres intensifica essas dificuldades e aumenta o risco de evasão (OLIVEIRA; SANTOS; ALMEIDA, 2020; SILVA; GUSMÃO, 2022).

Outro aspecto frequentemente identificado é a inadequação das metodologias tradicionais de ensino. Borges Neto e Barbosa (1994) já criticavam o formalismo abstrato e o treinamento repetitivo em fórmulas, dissociados da compreensão conceitual. Essa desconexão entre teoria e prática é confirmada por Silva (2022), que apontam melhor compreensão quando os estudantes aplicam conceitos em contextos reais. Roloff e Roloff (2020) reforçam que exercícios contextualizados, como o estudo da parábola em sua forma canônica, permitem vincular conceitos matemáticos a problemas de engenharia, enquanto Silverstein e Baker (2003) destacam a importância da integração entre matemática e disciplinas profissionais para que os estudantes percebam a relevância do que aprendem.

O fator temporal e organizacional das aulas também influencia os resultados. Sheridan, Smith e Pleggenkuhle-Miles (2017) demonstraram que aulas prolongadas reduzem a eficácia do aprendizado, com desempenho médio 4% menor em conteúdos ministrados na segunda metade da aula. Do ponto de vista neurocognitivo, Stuart e Rutherford (1978 apud LE, 2021) observaram que a concentração é máxima nos primeiros 10 a 15 minutos e decai progressivamente. A Teoria da Carga Cognitiva fornece sustentação teórica a esses achados, ao afirmar que a atenção é um recurso intelectual restrito, com limites na quantidade de informação que pode ser processada simultaneamente (KAHNEMAN, 1973; TOMLIN; VILLA, 1994 apud LE, 2021). Quando a carga cognitiva é excessiva, o rendimento cai e o estudante tende à frustração (GUPTA; ZHENG, 2020).

Essas evidências indicam que as dificuldades em Cálculo I não resultam apenas da complexidade do conteúdo, mas de um conjunto de fatores estruturais, metodológicos e emocionais que se reforçam mutuamente. A defasagem do ensino médio, o ensino tradicional descontextualizado, a sobrecarga cognitiva e a falta de apoio institucional compõem um cenário crítico que explica os altos índices de reprovação e evasão. A literatura converge em apontar que, embora multifatorial, o problema pode ser enfrentado com intervenções pedagógicas adequadas, que serão examinadas em detalhe nos resultados e discussão.

METODOLOGIA

Esta investigação adota uma abordagem qualitativa, fundamentada no paradigma interpretativista, com foco na compreensão das múltiplas dimensões — cognitivas, emocionais, metodológicas e institucionais — que configuram as dificuldades no ensino de Cálculo Diferencial e Integral I. De acordo com Creswell (2014), esse tipo de investigação é adequado quando se busca interpretar significados atribuídos por indivíduos ou grupos a um fenômeno social ou humano.

O método principal empregado foi a revisão sistemática da literatura, por sua capacidade de reunir e sintetizar evidências de forma rigorosa e transparente. Segundo Sampaio e Mancini (2007), trata-se de um procedimento que avalia criticamente e integra resultados de múltiplos estudos primários, reduzindo vieses e aumentando a confiabilidade dos achados. Botelho, Cunha e Macedo (2011) acrescentam que a revisão sistemática constitui uma forma de pesquisa científica em si mesma, pois utiliza a literatura como fonte de dados e segue protocolos metodológicos claramente definidos.

O corpus analítico foi constituído por vinte artigos científicos, selecionados com base em critérios de inclusão e exclusão previamente definidos. Os critérios de inclusão consideraram: (a) publicações entre 2019 e 2024, assegurando atualização do conhecimento; (b) relevância temática, com foco nas dificuldades de ensino e aprendizagem de Cálculo I em cursos de Engenharia; (c) rigor metodológico, com descrição clara dos procedimentos e fundamentação empírica; e (d) diversidade institucional, incluindo pesquisas realizadas em universidades públicas e privadas, nacionais e internacionais. Foram excluídos estudos centrados exclusivamente em outras disciplinas matemáticas, trabalhos desprovidos de validação empírica ou publicados em veículos sem qualificação acadêmica reconhecida. Este procedimento segue a orientação de Galvão e Pereira (2014), garantindo consistência metodológica.

A coleta de dados foi conduzida por meio de fichamento técnico padronizado, inspirado nas recomendações de Bardin (2016) para análise documental. Cada artigo foi registrado com referência bibliográfica completa segundo normas da ABNT, resumo estruturado (objetivos, metodologia, resultados e conclusões), extração de citações-chave organizadas em tópicos e categorização das contribuições em três eixos: problematização, fundamentação teórica e propostas de intervenção. A partir dessa sistematização, construiu-se uma matriz analítica que facilitou a comparação entre estudos e a identificação de padrões.

Para o tratamento analítico dos dados, empregou-se a análise temática, método amplamente reconhecido por sua flexibilidade e capacidade de identificar, analisar e relatar padrões

recorrentes em bases textuais (BRAUN; CLARKE, 2006). O processo seguiu as seis fases descritas pelos autores: familiarização com os dados, geração de códigos iniciais, busca por temas, revisão e nomeação dos temas, e produção do relatório com exemplificações. A triangulação de fontes — envolvendo diferentes instituições, metodologias e perspectivas disciplinares — reforçou a validade dos achados (DENZIN, 1989). A suficiência do corpus foi verificada pela saturação teórica, quando novos textos não acrescentaram elementos inéditos à compreensão do fenômeno (FONTANELLA et al., 2011).

Reconhece-se, entretanto, limitações inerentes ao método: dependência de dados secundários, ausência de controle sobre variáveis contextuais específicas e viés de publicação, que favorece a difusão de resultados positivos. Por outro lado, as vantagens incluem amplitude de cobertura (GIL, 2008), sistematização de conhecimentos dispersos e possibilidade de generalização analítica, dado que os padrões identificados em múltiplos contextos sugerem mecanismos estruturais comuns.

Do ponto de vista ético, a pesquisa dispensa aprovação em Comitê de Ética, pois se apoia em dados de domínio público já publicados. Ainda assim, foram observados os princípios de honestidade intelectual e rigor científico, com citação adequada e fidedigna dos autores analisados. Cumpre dizer que o autor utilizou o modelo de linguagem GPT-5 (OpenAI) como ferramenta de apoio durante o processo de elaboração do manuscrito, empregando-o na produção textual sob sua responsabilidade, para revisão e reescrita de trechos com o objetivo de aprimorar a clareza e coesão do texto, bem como na fase de fichamento e organização de leituras que subsidiaram o planejamento da redação.

Em síntese, a metodologia adotada oferece bases sólidas para atingir os objetivos propostos, permitindo integrar evidências diversas em um quadro analítico coerente. A combinação entre revisão sistemática, análise temática e triangulação de fontes garante robustez ao estudo, possibilitando a compreensão aprofundada de um problema complexo e de grande relevância para a educação em Engenharia.

RESULTADO E DISCUSSÃO

A análise sistemática da literatura evidencia uma convergência robusta entre os fundamentos teóricos da psicologia cognitiva e as estratégias pedagógicas eficazes para o ensino de Cálculo Diferencial e Integral I. Os resultados desta investigação revelam que as dificuldades tradicionalmente observadas no ensino desta disciplina podem ser significativamente mitigadas, através da aplicação de princípios científicos bem estabelecidos, particularmente

aqueles derivados da Teoria da Carga Cognitiva, da neurociência educacional e da psicologia da atenção.

A análise dos estudos sobre duração de aulas e atenção sustentada revela evidências inequívocas de que o modelo tradicional de aulas prolongadas, compromete fundamentalmente a eficácia do processo de ensino-aprendizagem. Sheridan, Smith e Pleggenkuhle-Miles (2017) demonstram que aulas longas podem parecer convenientes, mas reduzem os recursos mentais disponíveis para processamento devido à fadiga e sobreposição de demandas cognitivas. Seu estudo evidencia que o desempenho da turma em conteúdos ensinados na segunda metade de aulas longas foi, em média, 4% menor, diferença estatisticamente significativa ao nível de 5%.

Essa evidência encontra respaldo teórico robusto na compreensão de que a atenção constitui um recurso intelectual restrito, sendo limitada a quantidade de informação que uma pessoa pode processar simultaneamente (KAHNEMAN, 1973; TOMLIN; VILLA, 1994 apud LE, 2021). Le (2021) corrobora esses achados ao demonstrar que os estudantes atingem sua melhor concentração nos primeiros 10 a 15 minutos da aula, declinando gradualmente até o final da instrução. Esta descoberta tem implicações pedagógicas diretas para o ensino de Cálculo I, sugerindo que a segmentação de conteúdos complexos em módulos não muito superiores a 15-20 minutos pode otimizar significativamente a retenção e compreensão. Sugere-se de 40 a 50 minutos e, caso haja aula dupla, fazer pausa para prosseguir.

Os estudos de Ginns, Muscat e Naylor (2023) representam uma contribuição fundamental para a compreensão dos mecanismos pelos quais pausas estratégicas podem restaurar recursos atencionais. Sua pesquisa demonstra que quando os estudantes permanecem concentrados por longos períodos, os recursos mentais se esgotam e a taxa de absorção do conteúdo é reduzida significativamente. A implementação de pausas de 5 minutos a cada 30 minutos de exposição, aproximadamente, pode restaurar parcialmente os níveis de atenção, funcionando porque a atenção é um recurso finito, e breves recuperações podem renovar temporariamente sua disponibilidade.

Particularmente relevante para o contexto do ensino de Cálculo I é a descoberta de que tanto pausas não estruturadas quanto pausas baseadas em "natureza virtual" demonstram eficácia na restauração da atenção e melhoria da aprendizagem subsequente. Esta flexibilidade metodológica permite aos educadores adaptar as estratégias de pausa às condições específicas da sala de aula, mantendo a eficácia pedagógica independentemente do ambiente físico disponível.

A pesquisa de Ogrodnik, Fenesi e Heisz (2023) amplia significativamente nossa compreensão dos benefícios das pausas ativas, demonstrando que estudantes ativos mantêm o foco por mais tempo e aprendem melhor. Seu estudo revela que interromper períodos prolongados de permanência sentado através de movimentos proporciona ao cérebro a energia necessária para manter o foco, sendo que estudantes que realizaram pausas com exercícios durante as aulas permaneceram focados ao longo de toda a atividade, enquanto outros se tornaram distraídos.

Os mecanismos neurobiológicos subjacentes a esses benefícios são elucidados pela constatação de que o exercício aumenta o fluxo sanguíneo para o córtex pré-frontal, potencializando a função executiva e o foco. Esta descoberta é particularmente relevante para estudantes com TDAH, ansiedade ou depressão, que se beneficiam especialmente das pausas com exercícios, experimentando melhorias em foco e regulação emocional. Dado que essas condições são frequentemente correlacionadas com dificuldades acadêmicas, a implementação de pausas ativas pode representar uma estratégia inclusiva e eficaz para diversos perfis estudantis.

Os achados de Xie et al. (2017) fornecem diretrizes práticas para a otimização do design instrucional através da redução da carga cognitiva. Sua meta-análise comprova que quanto maior a redução da carga cognitiva total através de dicas visuais, melhor a retenção e transferência da aprendizagem multimídia. A implementação de "cues" (tradução de "cues": dicas.) ou pistas visuais que orientam a atenção do estudante em conteúdos multimídia demonstra eficácia robusta na redução da carga cognitiva, melhoria da retenção e aumento da transferência de conhecimento.

Para o ensino de Cálculo I, essas descobertas sugerem que a incorporação sistemática de elementos visuais orientadores – como destacar equações-chave, utilizar cores para diferenciar conceitos, ou implementar animações que direcionem a atenção para aspectos críticos dos procedimentos matemáticos – pode reduzir significativamente a sobrecarga cognitiva e melhorar a compreensão conceitual. A teoria CLT oferece uma base científica sólida para essas práticas, relacionando o design instrucional externo à redução da carga cognitiva e melhoria da aprendizagem.

A pesquisa de Gupta e Zheng (2020) revela insights cruciais sobre a necessidade de personalização pedagógica baseada no nível de conhecimento prévio dos estudantes. Seus achados demonstram que estudantes com conhecimento prévio mais alto se beneficiam mais de exemplos incompletos, enquanto aqueles com menor conhecimento respondem melhor a

exemplos completos. Esta descoberta sugere que material excessivamente difícil impõe alta carga cognitiva intrínseca, esgotando os recursos da memória de trabalho.

Para o ensino de Cálculo I, esta evidência implica na necessidade de diagnósticos precisos do conhecimento matemático prévio dos estudantes, seguidos de estratégias diferenciadas que respeitem a Zona de Desenvolvimento Proximal de cada aluno. Estudantes com defasagens em álgebra e funções básicas necessitam de exemplos trabalhados completos e mediação pedagógica mais extensa, enquanto aqueles com formação matemática sólida podem ser desafiados com problemas que requerem maior autonomia na construção de soluções.

Rožman, Vrečko e Tominc (2025) evidenciam a importância crítica dos fatores psicológicos no desempenho acadêmico, demonstrando que a motivação intrínseca constitui fator relevante impactando positivamente tanto no sucesso acadêmico percebido quanto nos indicadores quantitativos. Suas descobertas revelam que a ansiedade, particularmente a relacionada a provas, afeta negativamente o desempenho acadêmico percebido, enquanto a saúde mental apresenta efeito positivo e significativo sobre o sucesso acadêmico.

Esses achados convergem com as observações de que estudantes cognitivamente sobrecarregados frequentemente experimentam frustração e demonstram menor motivação, em contraste com aqueles submetidos a cargas cognitivas adequadas, que tendem a se engajar em aprendizagem significativa (GUPTA; ZHENG, 2020). A implementação de estratégias que reduzam a carga cognitiva extrínseca não apenas facilita a aprendizagem, mas também promove estados emocionais mais favoráveis ao engajamento acadêmico.

A experiência relatada por Crozariol et al. (2021) com o curso de Pré-Cálculo da UNESP, oferece insights valiosos sobre a implementação de estratégias de nivelamento. O Pré-Cálculo constituiu uma atividade que promoveu o ensino de tópicos de matemática necessários para um bom desempenho nas disciplinas de Cálculo Diferencial e Integral, Álgebra Linear e Cálculo Vetorial. Os estudantes participantes conseguiram notas extras e tiveram acesso a conteúdos que ajudaram na diminuição da retenção nas disciplinas envolvidas.

Entretanto, a experiência revelou desafios práticos significativos: as duas primeiras aulas contaram com mais participantes, mas com o decorrer do curso, esse número foi diminuindo, chegando à última aula com apenas 12 alunos. Esta dinâmica sugere que exercícios como Pré-Cálculo, embora completamente necessários para complementar aquilo que o ensino básico e médio não conseguiram prover, requerem estratégias específicas para manutenção do engajamento ao longo do processo.

Pinheiro e Boscaroli (2023) documentam resultados promissores da implementação da sala de aula invertida no ensino de cálculo. A metodologia proporcionou um ambiente presencial colaborativo e interativo com a possibilidade de integração com outras metodologias de ensino. Esta proposta pedagógica possibilita ao professor inverter sua prática, destinando mais tempo para aplicação dos conceitos previamente estudados. Contudo, o sucesso dessa prática depende de número de alunos em sala, o que implica na necessidade do professor refletir antes de adotá-la.

A eficácia da sala de aula invertida é evidenciada pelos resultados de satisfação estudantil: ao final do semestre, 75,4% dos alunos atribuíram notas 9 e 10 à metodologia aplicada, indicando alta aprovação. Os estudos apontam para maior engajamento dos alunos e a possibilidade de integração da teoria com a prática, auxiliando também o desenvolvimento de competências dos discentes. Esta evidência empírica corrobora os princípios teóricos que sugerem que professores que insistem em manter uma única forma de ensino facilmente desencorajam estudantes e eventualmente causam falta de interesse na participação em classe.

Os resultados documentados por Alves et al. (2022) no Instituto Federal de Tocantins representam uma das evidências mais robustas sobre a eficácia de reformas avaliativas no ensino de Cálculo I. A implementação da avaliação continuada produziu melhorias dramaticamente significativas nos índices de aprovação, haja vista que o número de estudantes aprovados na primeira tentativa saltou de 52,1% para 82,4% , quando comparados os períodos de 2015 a 2017 e de 2017 a 2019

Esses resultados quantitativos refletem mudanças qualitativas fundamentais no processo de aprendizagem. A metodologia de avaliação continuada é propícia a estudantes que estudam somente na hora da prova, levando-os a estudar constantemente para a disciplina, além de propiciar maior qualidade do aprendizado. Com a mudança na quantidade de estudantes retidos por causa da disciplina, observa-se que as turmas dos últimos períodos do curso se aproximam em quantidade ao número de vagas, algo impossível de ser alcançado se os percentuais de aprovação não fossem melhorados.

A pesquisa de Da Silva (2022) documenta a importância do desenvolvimento de materiais de apoio contextualizados que estabeleçam conexões explícitas entre os conceitos matemáticos abstratos e suas aplicações na engenharia. O material desenvolvido no IF RN – Campus Caraúbas enfatiza aplicações do cálculo na engenharia, respondendo à necessidade fundamental identificada por Silverstein e Baker (2003) de que os alunos de engenharia precisam ver, desde o início, a aplicabilidade dos conceitos matemáticos em suas áreas específicas.

Esta abordagem alinha-se com as evidências de que todos os alunos afirmam que a síntese escrita e o gráfico das funções auxiliaram na compreensão do conteúdo e na relação com outras disciplinas (ROLOFF; ROLOFF, 2020). A integração da matemática com cursos de ciência e engenharia emerge como fundamental para produzir graduados de alta qualidade, sendo crescente o número de currículos integrados, onde a instrução em química e física está conectada à instrução em cálculo. Nesse sentido, culmina-se na imperatividade de se adotar exercícios contextualizados nas disciplinas de matemática, em especial, no curso de cálculo.

A análise da obra STEWART, James. *Cálculo – Volume 1. 7ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013*, amplamente adotada em cursos de Ciências Exatas, evidencia a viabilidade de trabalhar com problemas contextualizados ao longo da disciplina de Cálculo, em consonância com a proposta desta pesquisa. No âmbito do pré-cálculo, a obra contempla conteúdos como funções, construção de gráficos, resolução de equações, modelagem matemática e interpretação de variações, recursos que favorecem o nivelamento progressivo dos estudantes e a recuperação de saberes prévios. De forma complementar, já a partir do estudo de limites, observa-se a presença de aplicações reais que conectam conceitos matemáticos a situações práticas da física, da engenharia e da economia. Tal abordagem reforça a perspectiva de aprendizagem significativa e contribui para a mitigação da evasão. Seguem alguns exemplos:

24. Suponha que você receba uma oferta para trabalhar por apenas um mês. Qual das seguintes formas de pagamento você prefere?

I. Um milhão de dólares no fim do mês.

II. Um centavo de dólar no primeiro dia do mês, dois centavos no segundo dia, quatro centavos no terceiro dia, e, em geral, 2^{n-1} centavos de dólar no n -ésimo dia.

29. Sob condições ideais sabe-se que uma certa população de bactérias dobra a cada 3 horas. Supondo que inicialmente existam 100 bactérias:

(a) Qual o tamanho da população após 15 horas?

(b) Qual o tamanho da população após t horas?

(c) Qual o tamanho da população após 20 horas?

(d) Trace o gráfico da função população e estime o tempo para a população atingir 50 000 bactérias.

25. A cidade de Nova Delhi, na Índia, está localizada a uma latitude de 30°N . Use a Figura 9 para encontrar uma função que modele o número de horas de luz solar em Nova Delhi como uma função da época do ano. Para verificar a precisão do seu modelo, use o fato de que nessa cidade, em 31 de março, o Sol surge às 6h13 da manhã e se põe às 18h39.

55. Um navio se move a uma velocidade de 30 km/h paralelo a uma costa retilínea. O navio está a 6 km da costa e passa por um farol ao meio-dia.
- Expresse a distância s entre o farol e o navio como uma função de d , a distância que o navio percorreu desde o meio-dia; ou seja, encontre f tal que $s = f(d)$.
 - Expresse d como uma função de t , o tempo decorrido desde o meio-dia; ou seja, encontre g tal que $d = g(t)$.
 - Encontre $f \circ g$. O que esta função representa?
10. Estudos recentes indicam que a temperatura média da superfície da Terra vem aumentando continuamente. Alguns cientistas modelaram a temperatura pela função linear $T = 0,02t + 8,50$, em que T é a temperatura em $^{\circ}\text{C}$ e t representa o número de anos desde 1900.
- O que a inclinação e a intersecção com o eixo T representam?
 - Use a equação para prever a temperatura média global em 2100.
11. Se a dose de uma medicação recomendada para um adulto é D (em mg), então, para determinar a dosagem apropriada c para uma criança com a anos de idade, os farmacêuticos usam a equação $c = 0,0417D(a + 1)$. Suponha que a dosagem para um adulto seja 200 mg.
- Encontre a inclinação do gráfico de c . O que ela representa?
 - Qual é a dosagem para um recém-nascido?
16. Um administrador de uma fábrica de móveis descobre que custa \$ 2.200 para fabricar 100 cadeiras em um dia e \$ 4.800 para produzir 300 cadeiras em um dia.
- Expresse o custo como uma função do número de cadeiras produzidas, supondo que ela seja linear. A seguir, esboce o gráfico.
 - Qual a inclinação do gráfico e o que ela representa?
 - Qual a intersecção com o eixo y do gráfico e o que ela representa?
46. Na teoria da relatividade, a massa de uma partícula com velocidade v é

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

onde m_0 é a massa da partícula em repouso e c , a velocidade da luz. O que acontece se $v \rightarrow c^-$?

12. Uma fornalha para a produção de cristais é usada em uma pesquisa para determinar a melhor maneira de manufaturar os cristais utilizados em componentes eletrônicos para os veículos espaciais. Para a produção perfeita do cristal, a temperatura deve ser controlada precisamente, ajustando-se a potência de entrada. Suponha que a relação seja dada por

$$T(w) = 0,1w^2 + 2,155w + 20$$

onde T é a temperatura em graus Celsius e w é a potência de entrada em watts.

- (a) Qual a potência necessária para manter a temperatura em 200°C ?
 - (b) Se for permitida uma variação de $\pm 1^\circ\text{C}$ a partir dos 200°C , qual será o intervalo de potência permitido para a entrada?
 - (c) Em termos da definição ε, δ de $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = L$, o que é x ? O que é $f(x)$? O que é a ? O que é L ? Qual valor de ε é dado? Qual o valor correspondente de δ ?
10. Explique por que cada função é contínua ou descontínua.
- (a) A temperatura em um local específico como uma função do tempo.
 - (b) A temperatura em um tempo específico como uma função da distância em direção a oeste a partir da cidade de Paris.
 - (c) A altitude acima do nível do mar como uma função da distância em direção a oeste a partir da cidade de Paris.
 - (d) O custo de uma corrida de táxi como uma função da distância percorrida.
 - (e) A corrente no circuito para as luzes de uma sala como uma função do tempo.
62. (a) Um tanque contém 5.000 litros de água pura. Água salgada contendo 30 g de sal por litro de água é bombeada para dentro do tanque a uma taxa de 25 L/min. Mostre que a concentração de sal depois de t minutos (em gramas por litro) é

$$C(t) = \frac{30t}{200 + t}$$

A convergência das evidências analisadas permite a formulação de diretrizes práticas fundamentadas cientificamente para a melhoria do ensino de Cálculo I:

Implementar aulas segmentadas em módulos de 100 minutos, com pausas estratégicas de 5 minutos, idealmente a cada 30 minutos de exposição, ou no mínimo, uma pausa ao meio do módulo. Essas pausas podem ser não estruturadas (permitindo descanso mental), baseadas em natureza virtual (visualização de vídeos de ambientes naturais), ou ativas (exercícios físicos breves – alongamentos ou caminhadas no campus).

Incorporar sistematicamente dicas visuais, destacar elementos-chave através de cores e animações, e estruturar materiais de forma a reduzir a carga cognitiva extrínseca enquanto mantém o desafio conceitual apropriado.

Implementar avaliações diagnósticas precisas do conhecimento prévio, seguidas de estratégias diferenciadas que incluam desde exemplos trabalhados completos para estudantes com defasagens até problemas de complexidade crescente para aqueles com formação adequada.

Substituir o modelo de avaliação somativa concentrada por sistemas de avaliação continuada que promovam estudo regular, reduzam ansiedade e forneçam feedback constante sobre o progresso da aprendizagem.

Desenvolver materiais e atividades que estabeleçam conexões explícitas entre conceitos matemáticos abstratos e aplicações profissionais, respondendo sistematicamente à pergunta "Por que preciso aprender isso?".

Implementar cursos de nivelamento com estratégias específicas para manutenção do engajamento, sistemas de monitoria, e integração curricular que conecte Cálculo I com disciplinas subsequentes do curso.

Os resultados desta análise demonstram que as dificuldades tradicionalmente observadas no ensino de Cálculo I não são inerentes à disciplina, mas derivam de práticas pedagógicas que não consideram adequadamente os processos cognitivos envolvidos na aprendizagem matemática. A aplicação sistemática dos princípios e estratégias identificados nesta revisão oferece um caminho empiricamente fundamentado para a transformação do ensino desta disciplina fundamental, com potencial para redução significativa dos índices de evasão e melhoria da qualidade da formação em engenharia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados da pesquisa evidenciam que as dificuldades no ensino de Cálculo I não estão restritas à complexidade intrínseca da disciplina, mas associam-se a fatores pedagógicos, institucionais e emocionais. Estudos como os de Silva (2020), Santos et al. (2020) e Le (2021) demonstram que a sobrecarga cognitiva, a ausência de contextualização e práticas avaliativas pouco eficazes impactam diretamente na motivação discente e contribuem para a evasão universitária. Por outro lado, autores como Alves (2022) e Ginns, Muscat e Naylor (2023) reforçam que estratégias inovadoras — pausas estruturadas, avaliações contínuas, programas de nivelamento e problemas contextualizados — ampliam o engajamento, reduzem a ansiedade

e fortalecem a aprendizagem significativa. Tais constatações permitem afirmar que práticas pedagógicas fundamentadas podem modificar a percepção dos alunos em relação ao Cálculo, minimizando índices de retenção.

A principal contribuição deste estudo reside em sistematizar evidências que confirmam a importância da integração entre teoria e prática no ensino de Cálculo. Conforme defende Silva (2022), a aprendizagem significativa se concretiza quando novos conteúdos se conectam a saberes prévios e a contextos reais. Nesse sentido, contextualizações práticas como encontradas em Stewart (2013), ampliam a compreensão dos estudantes, através da inserção de problemas aplicados à física, engenharia e economia.

Assim, ao reunir diferentes abordagens já consolidadas, este trabalho oferece subsídios para práticas pedagógicas mais inclusivas e para políticas institucionais voltadas à permanência estudantil. Reconhece-se como limitação referências advindas de contextos localizados. A eficácia das estratégias depende do perfil institucional e do público atendido. Assim, pesquisas futuras poderão explorar a implementação das práticas sugeridas em ambientes distintos, com análise comparativa de seus resultados.

Com base na literatura analisada, recomenda-se que instituições de ensino superior considerem medidas fundamentadas em evidências:

- Reorganizar o tempo de aula em pequenos blocos de até 30 minutos, com pausas estratégicas antes de prosseguir com a aula, para reduzir a sobrecarga cognitiva (Ginns, Muscat e Naylor, 2023).
- Adotar atividades de contextualização, relacionando conceitos abstratos a aplicações reais em diversas áreas (Silva, 2020).
- Estruturar sistemas de avaliação continuada, favorecendo a constância do estudo e a diminuição da ansiedade (Alves, 2022).
- Implementar cursos de nivelamento e reforço de pré-cálculo para recuperação de defasagens (Crozariol et. al., 2021).
- Investir na produção de materiais multimídia e representações gráficas que diminuam a carga cognitiva total (Xie et. al., 2017).

Tais recomendações, apoiadas em referências consolidadas, confirmam que o ensino de Cálculo I pode se transformar em uma experiência mais acessível e significativa, contribuindo para a permanência e o sucesso acadêmico dos estudantes.

A Universidade Presbiteriana Mackenzie merece especial reconhecimento pela oferta do programa de iniciação científica e pelo apoio concedido por meio de bolsa aos participantes, sem o qual a realização desta pesquisa não teria sido possível.

REFERÊNCIAS

ALVES, L. F. et al. Avaliação continuada, uma metodologia de ensino para redução da retenção e da evasão nas disciplinas de Cálculo do ensino superior. **Revista Sítio Novo**, Palmas, v. 6, n. 4, p. 51–60, out./dez. 2022.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.

BORGES NETO, H.; BARBOSA, J. C. A falta do elo, de um relacionamento maior entre os níveis de ensino. **Revista de Ensino de Matemática**, 1994, p. 3.

BOTELHO, L. L. R.; CUNHA, C. C. A.; MACEDO, M. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. **Gestão e Sociedade**, v. 5, n. 11, p. 121-136, 2011.

BRASIL. Ministério da Educação. **Relatório de evasão no ensino superior brasileiro**. Brasília: MEC, 2018.

BRAUN, V.; CLARKE, V. Using thematic analysis in psychology. **Qualitative Research in Psychology**, v. 3, n. 2, p. 77-101, 2006.

CRESWELL, J. W. **Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches**. 4th ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2014.

CROZARIOL, Pedro Chiaradia; LAGUNA, João Pedro Monterani; SUN, Letícia Juvelina Monteiro; MARTINS, Marcelo Sampaio. Pré-cálculo como uma oportunidade de aprendizagem. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 9, p. 89224-89231, set. 2021. DOI:

DA SILVA, M. A. **Material de apoio com aplicações do cálculo na engenharia**. Caraúbas: IFRN – Campus Caraúbas, 2022.

DENZIN, N. K. **The research act: A theoretical introduction to sociological methods**. 3rd ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1989.

FAJARDO, V.; FOREQUE, F. Cerca de 72% dos estudantes possuem nível insuficiente em Matemática. **Folha de São Paulo**, 2018.

FONTANELLA, B. J. B. et al. Amostragem por saturação em pesquisas qualitativas em saúde. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 27, n. 2, p. 388-394, 2011.

GALVÃO, T. F.; PEREIRA, M. G. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 23, n. 1, p. 183-184, 2014.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GINNS, P.; MUSCAT, K.; NAYLOR, R. Rest breaks aid directed attention and learning. **Educational and Developmental Psychologist**, v. 40, n. 2, p. 141-150, 2023.

GUPTA, A.; ZHENG, R. Cognitive load and worked examples in math learning. **Journal of Instructional Psychology**, 2020, p. 10.

HOWARD, J. L. et al. Student motivation and associated outcomes: A meta-analysis from self-determination theory. **Perspectives on Psychological Science**, v. 16, n. 6, p. 1300-1323, 2021.

Le, H. V. (2021). *An investigation into factors affecting concentration of university students*. **Journal of English Language Teaching and Applied Linguistics**, 3(6), 7–12. <https://doi.org/10.32996/jeltal>. 2021, p.7.

MACÊDO, G. L.; GREGOR, M. M. Desempenho em cálculo I: uma análise em instituição federal. **IFNMG**, 2020, p. 16.

MAIA, A. C. O.; SILVA, G. D. A matemática no ensino superior: causas e impactos das dificuldades na disciplina de cálculo. **Revista da UFERSA**, 2022, p. 11.

MAJ, A. Cognitive Load Optimization in STEM Education. **Advances in Educational Technology**, 2024, p. 6.

OGRODNIK, M.; FENESI, B.; HEISZ, J. J. Sweat so you don't forget: Exercise breaks during a university lecture increase on-task attention and learning. In: OVERSON, C. E.; HAKALA, C. M.; KORDONOWY, L. L.; BENASSI, V. A. (org.). *In Their Own Words: What Scholars and Teachers Want You to Know About Why and How to Apply the Science of Learning in Your Academic Setting*. Washington, DC: American Psychological Association, 2023. p. 450–457.

OLIVEIRA, M. S.; SANTOS, L. A.; ALMEIDA, F. A evasão na disciplina de cálculo na Universidade Federal de Campina Grande. 2020, p. 6.

PINHEIRO, Geovane Duarte; BOSCARIOLI, Clodis. Reflexões sobre a sala de aula invertida para o ensino de Cálculo em cursos de Engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 16, n. 1, p. 94-103, 2023.

RASMUSSEN, C.; MARRONGELLE, K.; BORBA, M. Research on calculus: What do we know and where do we need to go? **ZDM Mathematics Education**, v. 46, n. 4, p. 507-515, 2014.

RISSI, M. C.; MARCONDES, M. A. S. Estudo sobre a reprovação e retenção nos cursos de graduação. **Revista de Ensino Superior**, v. 4, n. 2, p. 161-175, 2011.

ROLOFF, Micheli C. S.; ROLOFF, Mário L. Introdução ao cálculo em um curso de engenharia e a evasão. **Revista Espaços**, v. 41, n. 2, 2020.

ROŽMAN, Maja; VREČKO, Igor M.; TOMINC, Polona. Psychological Factors Impacting Academic Performance Among Business Studies' Students. **Education Sciences**, v. 15, n. 2, p. 121, 2025.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 11, n. 1, p. 83-89, 2007.

SANTOS, R. A. et al. Análise do índice de retenção da disciplina Cálculo Diferencial e Integral I no IFPB. 2020, p. 16.

SHERIDAN, B.; SMITH, M.; PLEGGENKUHLE-MILES, E. Long lectures negatively affect student performance. **Journal of Educational Psychology**, 2017, p. 1.

SILVA, D. C.; GUSMÃO, E. C. Dificuldades no processo ensino-aprendizagem do cálculo. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, 2022, p. 2470.

SILVERSTEIN, David L.; BAKER, John R. Improving retention of calculus by engineering students in small programs. In: **ANNUAL CONFERENCE & EXPOSITION OF THE AMERICAN SOCIETY FOR ENGINEERING EDUCATION**, 2003. Proceedings [...]. American Society for Engineering Education, 2003.

XIE, H. et al. The more total cognitive load is reduced by cues, the better retention and transfer of multimedia learning: A meta-analysis and two meta-regression analyses. **PLOS ONE**, v. 12, n. 8, e0183884, 2017.

Contatos: 10254017@mackenzista.com.br ; silmaraalexandra.vicente@mackenzie.br