MAPAS CONCEITUAIS E DIVERSIDADE REPRESENTACIONAL: CAMINHOS PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DO CONCEITO DE LIMITES

CONCEPTUAL MAPS AND REPRESENTATIONAL DIVERSITY: PATHWAYS TO MEANINGFUL LEARNING OF THE CONCEPT OF LIMITS

Dieicon Cristhian da Silva[1]
Daniel Trevisan Sanzovo[2]

Resumo

Este artigo apresenta os resultados de uma análise qualitativa, derivada de uma dissertação de mestrado profissional, com foco no mapeamento e na avaliação de Mapas Conceituais produzidos por licenciandos em Matemática de uma universidade pública estadual do Paraná. A investigação, de natureza descritiva e interpretativa, amparou-se na implementação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa voltada ao conceito de Limites e estruturada sob o aporte das Múltiplas Representações. O *corpus* de análise constituiu-se de sete Mapas Conceituais Finais acompanhados por explicações detalhadas em áudio, cuja investigação ancorou-se em quatro categorias analíticas: Hierarquização (C1), Palavras-Chave (C2), Validade Proposicional (C3) e Múltiplas Representações (C4). Os resultados revelaram indícios consistentes na reconfiguração da estrutura cognitiva dos estudantes, evidenciados pela transição de esquemas lineares para organizações hierárquicas dotadas de significado próprio. No âmbito das Múltiplas Representações, constatou-se a manifestação das funções pedagógicas de complementar e restringir de Ainsworth, com destaque para o fato de que a coordenação de diferentes representações operou profundamente no relato dos discentes, mesmo quando tais elementos visuais não foram transpostos graficamente para o papel. Conclui-se que a articulação entre a Unidade de Ensino Potencialmente Significativa e as Múltiplas Representações possui potencialidades para qualificar a formação inicial de professores, promovendo uma compreensão conceitual que supera o mero domínio operatório de algoritmos.

Palavras-chave: Aprendizagem Significativa; Formação Inicial de Professores; Cálculo Diferencial e Integral.

[1] Mestre em Ensino pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino (PPGEN/UENP). Atuação na área da Educação.
[2] Doutor em Ensino de Ciências e Educação Matemática. Docente do Programa de Pós-Graduação em Ensino (Campus de Cornélio Procópio) e do Colegiado de Matemática (Campus de Jacarezinho) da Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP). Jacarezinho, Paraná, Brasil.

Abstract
This article presents the results of a qualitative analysis, derived from a professional master's thesis, focusing on the mapping and evaluation of Concept Maps produced by undergraduate mathematics students at a public state university in Paraná. The investigation, descriptive and interpretative in nature, was based on the implementation of a Potentially Meaningful Teaching Unit focused on the concept of Limits and structured under the Multiple Representations approach. The corpus of analysis consisted of seven Final Concept Maps accompanied by detailed audio explanations, whose investigation was anchored in four analytical categories: Hierarchization (C1), Keywords (C2), Propositional Validity (C3), and Multiple Representations (C4). The results revealed consistent evidence of the reconfiguration of the students' cognitive structure, evidenced by the transition from linear schemes to hierarchical organizations with their own meaning. Within the framework of Multiple Representations, the manifestation of Ainsworth's complementary and restrictive pedagogical functions was observed, highlighting the fact that the coordination of different representations operated profoundly in the students' accounts, even when such visual elements were not graphically transposed onto paper. It is concluded that the articulation between the Unit of Educational Psychology and the Multiple Representations has the potential to enhance initial teacher training, promoting a conceptual understanding that goes beyond the mere operational mastery of algorithms.

Keywords: Meaningful Learning; Initial Teacher Education; Differential and Integral Calculus.

Introdução

O componente curricular de Cálculo Diferencial e Integral é reconhecido, historicamente, como pilar estruturante na formação inicial de professores de Matemática, visto que desenvolve a linguagem fundamental para o desenvolvimento do pensamento científico e do raciocínio lógico-abstrato (Lachini, 2001; Nasser, 2007).

No cenário regulatório brasileiro, essa relevância é ratificada pelo Parecer CNE/CES nº 1.302/2001, que insere o componente entre os conteúdos mínimos obrigatórios para os cursos de Licenciatura (Brasil, 2002). Sob essa perspectiva formativa, o ensino do Cálculo deve cumprir um duplo propósito: integrar o estudante ao processo cognitivo de modo flexível e subsidiar a sua autonomia para resolver problemas em situações concretas (Lachini, 2001).

Contudo, a transição para os conceitos específicos dessa disciplina, com destaque para o objeto de estudo de Limite, evidencia um severo confronto entre a formalidade matemática e a realidade das salas de aula, em razão das práticas pedagógicas predominantemente academicista e tradicional, focam na reprodução mecânica de algoritmos e técnicas operatórias, o que tende a distanciar o conteúdo

da realidade prática do licenciando e limitar sua autonomia (D'Ambrosio, 2005). Sob essa ótica:

> Nessa visão de ensino o aluno recebe instrução passivamente e imita os passos do professor na resolução de problemas ligeiramente diferentes dos exemplos. Predomina o sucesso por memória e repetição (D'Ambrósio, 1993, p. 38).

Esse cenário agrava-se, sobretudo, pela complexidade inerente à transição entre a intuição inicial do aluno e a necessidade de abstração formal, isto é, uma mudança de paradigma cognitivo que exige compreensões simultaneamente convergentes e divergentes (Meyer, 2003; Tall, 1991; Vinner, 1989).

Tendo em vista o papel central dos processos cognitivos, esta pesquisa adota os pressupostos teóricos da Teoria da Aprendizagem Significativa para estruturar uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, cujos conceitos fundamentais de diferenciação progressiva e reconciliação integradora balizam o acompanhamento do desenvolvimento intelectual e construtivista dos sujeitos. Ademais, a sequência de ensino integra a coordenação de Múltiplas Representações — articulando os registros verbal, geométrico, tabular e analítico — embasada na taxonomia das funções pedagógicas propostas por Ainsworth (2006; 2014), com o propósito de potencializar o estudante a manipular, relacionar e internalizar a definição matemática, possibilitando a ancoragem conceitual e a atribuição de significados.

Diante desse panorama, o objetivo central deste artigo é apresentar os resultados de uma análise qualitativa, derivada de uma dissertação de mestrado profissional, com foco no mapeamento e na avaliação de Mapas Conceituais produzidos por licenciandos em Matemática. Busca-se responder à seguinte questão investigativa: *de que modo uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa integrada às Múltiplas Representações pode auxiliar a aprendizagem de Limite na formação inicial de licenciando em Matemática*?

Por meio dessas representações esquemáticas, investigam-se não apenas os indícios de Aprendizagem Significativa na reconfiguração da estrutura cognitiva dos estudantes, mas também o desenvolvimento e as manifestações das funções pedagógicas desencadeadas após a implementação da unidade de ensino. A seguir, apresentam-se os fundamentos teóricos que embasam e estruturam este estudo.

Breves conceitos da Teoria da Aprendizagem Significativa e os Mapas Conceituais

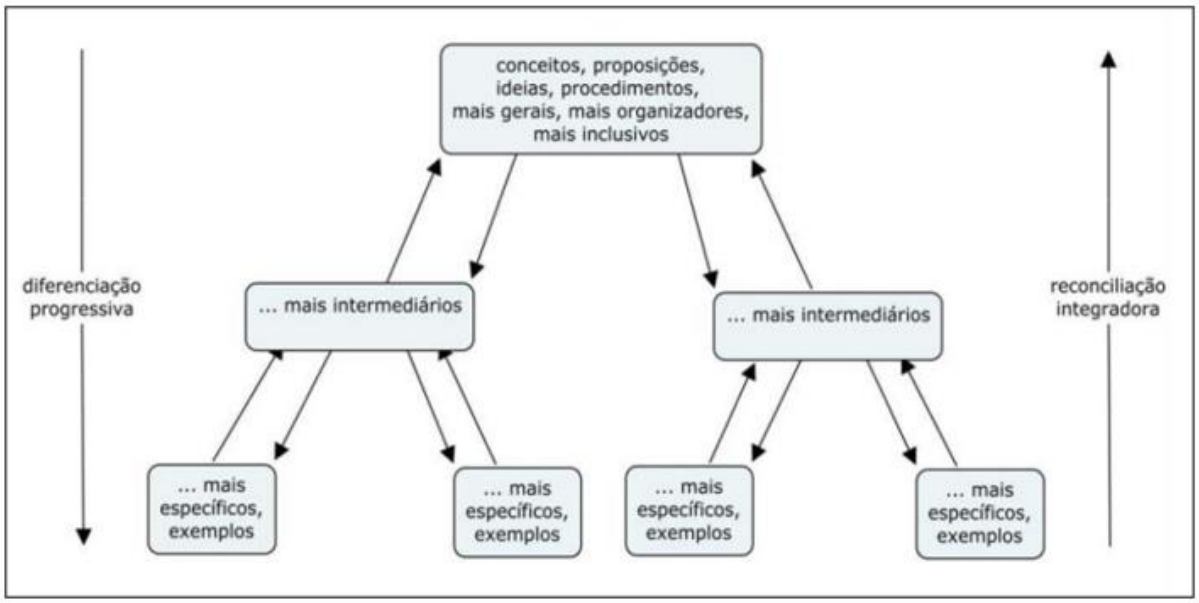
Estruturada por David Ausubel (1963), a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) identifica o aluno como objeto central do processo de construção do conhecimento, cabendo ao mesmo codificar e atribuir significados aos elementos que circundam sua realidade. O cerne dessa perspectiva reside na associação intencional e hierárquica entre uma nova informação e as estruturas preexistentes no sujeito, caracterizadas como conhecimentos prévios ou subsunçores (Ausubel, 1963). Como reforçado por Welsing e colaboradores (2015) literatura contemporânea sobre o ensino de conceitos abstratos, reforça-se que o resgate e o diagnóstico desses subsunçores são decisivos para contornar bloqueios epistemológicos e a simples memorização de algoritmos.

Os subsunçores, terminologia empregada na TAS, atuam como estruturas de ancoragem cognitiva, podendo ser conceitos, noções, representações e paradigmas, às quais se conectam essas noções de maneira *substantiva* e *não arbitrária* com o novo conteúdo, caracterizando um processo dito como ancoragem. Tal processo assume caráter metafórico na TAS (Moreira, 2012). Isto é, os subsunçores não são caracterizados como permanente e imutáveis, pelo contrário, desempenham papel ancoradouro dinâmico, interativo e contínuo.

A essa ancoragem o indivíduo pode atribuir significados específicos e, consequentemente, quanto mais estáveis, nítidos e organizados estiverem os subsunçores na estrutura cognitiva, mais precisos e perenes serão os significados emergentes (Moreira, 2012). Contudo, problematiza-se que essa estabilidade não ocorre de forma passiva, exige do estudante uma predisposição para aprender e uma postura ativa, cabendo ao docente o planejamento de tarefas problematizadoras que desestabilizem e tensionem as concepções prévias do aprendiz (Ferreira; Silva; Silva Filho, 2022).

Neste sentido, a reconfiguração e o rearranjo desses subsunçores sucedem mediante dois processos simultâneos e interdependentes – a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora, conforme esquematizado na Figura 1.

Figura 1: Diagrama da estrutura cognitiva sobre diferenciação progressiva e a reconciliação integradora



Fonte: elaborado por Moreira (2012, p. 19)

Conforme se observa na Figura 1, a estrutura cognitiva é representada por um arranjo hierárquico e ramificado (Moreira, 2012). O vetor posicionado à esquerda esquematiza a diferenciação progressiva: esse processo manifesta-se quando o conceito-âncora (situado ao topo do diagrama como uma ideia mais geral, organizada e inclusiva) passa por sucessivos desdobramentos e refinamentos em decorrência de sua interação com as novas informações. Mediante essa dinâmica, o subsunçor progressivamente se diferencia, tornando-se mais refinado, acentuado e específico na base dessa hierarquia (Moreira, 2012).

Em contrapartida, o vetor situado à direita da Figura 1 representa a reconciliação integradora. Este processo atua de forma dinâmica e complementar, tendo por função no escopo cognitivo identificar similaridades, mitigar aparentes disparidades e coordenar múltiplos significados de um mesmo tópico que foram dispersos durante a diferenciação progressiva (Ausubel, 1978). No diagrama, esse movimento é evidenciado pelas setas que retornam dos conceitos específicos e intermediários em direção ao topo, promovendo um delineamento explícito das relações conceituais e uma reorganização da estrutura cognitiva.

Além disso, a bidirecionalidade das setas na Figura 1 reforça que ambos os processos ocorrem simultaneamente durante a aprendizagem; isto é, ao passo que novas ramificações específicas são diferenciadas, novos significados e sínteses integradoras são estabelecidos. Entretanto, como apontam estudos recentes sobre a

aplicação da TAS na Educação Superior (Welsing *et al*., 2025), a ocorrência desses processos não deve ser tomada de forma ingênua ou automática, demandando instrumentos pedagógicos e estratégias específicas capazes de captar as sutilezas dessa reorganização cognitiva.

Nesse escopo, alguns estudos refletem a preocupação em identificar indícios desse processo dinâmico para que este possa ser caracterizado como indicativo de uma aprendizagem significativa (Moreira, 2005; Rezende; Ostermann, 2005; Tavares, 2010). Segundo Ausubel (1978), o aluno, ao ser avaliado, pode se sujeitar a reproduções mecânicas, em muitos casos subordinadas a exemplos, fundamentos e explicações literais.

Na Educação Matemática, essa prerrogativa é ainda mais saliente, em razão de a resolução de problemas transcender a mera decodificação conceitual e exigir o domínio articulado de competências. Assim, com a finalidade de buscar indícios de compreensão significativa, propõe-se elaborar problemas não familiarizados, distanciando-se do processo de fixação mecânica e, principalmente, da reprodução literal do material instrucional utilizado (Ausubel, 1978; Moreira, 1999).

Desenvolvidos por Joseph Novak (1977) como um instrumento metodológico da TAS, os Mapas Conceituais (MC) são diagramas bidimensionais voltados à organização esquemática do conhecimento. A estruturação formal de um mapa reflete diretamente as fundamentações ausubelianas, uma vez que os conceitos são dispostos em cédulas interligados por linhas acompanhadas de termos ou frases de ligações, configurando proposições dotadas de sentido.

Investigações contemporâneas reforçam que os MC continuam se mostrando recursos valiosos no Ensino Superior em disciplinas de Ciências Exatas, pois externalizam redes conceituais e auxiliam na avaliação formativa, revelando conexões e concepções alternativas que as avaliações tradicionais por resolução algorítmica de exercícios costumam ocultar (Ferreira; Jesus; Gonçalves, 2026).

Diante desse panorama, o presente estudo adota o Mapa Conceitual (Novak, 1977) como uma estratégia para viabilizar a mediação e constituir um instrumento de acompanhamento formativo da aprendizagem, visto que uma alternativa para testar esse tipo de apreensão cognitiva refere-se a instigar os alunos a reconhecer componentes, conceitos ou sentenças de um tópico, abrangendo outros subsídios de uma proposição semelhante (Moreira, 2009).

O arranjo das ideias no MC edifica os princípios dinâmicos da estrutura cognitiva do indivíduo, em razão da hierarquização vertical – conceitos abrangentes no topo e específicos na base – pode evidenciar a diferenciação progressiva, enquanto as conexões ou ligações cruzadas entre conceitos distintos traduzem a incidência da reconciliação integradora e a superação de eventuais discrepâncias.

Entende-se por um MC adequado aquele que apresenta uma estrutura hierárquica clara (do conceito mais geral para o mais específico), proposições bem delineadas por meio de palavras de ligação que revelam conexões lógicas e válidas, e a integração coerente dos conceitos fundamentais do conteúdo abordado, diferenciando-se, assim, de diagramas lineares ou organogramas informais (Novak; Gowin, 1996).

Assim, a elaboração de um MC adequado exige rigor estrutural, pautando-se na definição de um conceito focal, no mapeamento de termos, no arranjo hierárquico e no estabelecimento de proposições válidas ancoradas em palavras de ligação (Novak; Cañas, 2010). Por se tratar de uma representação idiossincrática, o MC constitui uma representação externalizada da estrutura cognitiva do aluno no exato momento de sua confecção, explicitando sinais de suas compreensões consolidadas e inter-relações, mas também lacunas, equívocos conceituais e níveis de aproveitamento.

Com relação ao emprego na prática pedagógica, o MC assume dupla função, isto é, a primeira como recurso de meta aprendizagem, estimula a autonomia e a autorregulação do estudante, incitando-o a refletir criticamente sobre os seus próprios percursos cognitivos. A segunda como instrumento avaliativo de caráter formativo, ao qual fornece dados empíricos para identificar o desenvolvimento conceitual do discente e a evolução de seus subsunçores. Diante a esse viés, o MC permite ao docente afastar-se de métricas e traçar estratégias sistemáticas e contínua de sua intervenção pedagógica, contornando lacunas e redirecionando seus objetivos conforme as representações esquemáticas (Perrenoud, 1999).

Nesta investigação, articulam-se os pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa e das Múltiplas Representações, sintetizadas a seguir.

Breves conceitos das Múltiplas Representações

No escopo da Educação Matemática e Científica, a linha de pesquisa das Múltiplas Representações (MR) — também caracterizada na literatura como Diversidade Representacional — investiga o emprego coordenado e articulado de diferentes representações para um mesmo constructo, analisando as implicações dessa alternância na apreensão cognitiva e na comunicação de ideias com o cunho científico (Ainsworth, 2006; 2014; Tsui; Treagust, 2013). Na última década, essa abordagem ganhou ainda mais relevância no Ensino de Cálculo com o avanço de softwares de geometria dinâmica e simuladores, os quais exigem do estudante a coordenação fluida entre registros algébricos, numéricos, gráficos e verbais (Abar; Santos, 2021; Sanzovo, 2026; Silva *et al.*, 2026).

Essa vertente investigativa concentra esforços em compreender como a mobilização de distintos modos representacionais, tais como textos verbais, imagens, diagramas, gráficos e simulações, potencializa a estrutura conceitual dos sujeitos (Sanzovo, 2017). Ao demandar a manipulação dessas diversas representações, estruturadas nas sequências de ensino, induz o estudante a atribuir significados substancialmente mais elaborados, permitindo-lhe ultrapassar "[...] significados que eram circunscritos ao contexto dos conhecimentos prévios, senso comum, aparente, intuitivo do aprendiz [...]" (Sanzovo, 2017, p. 158).

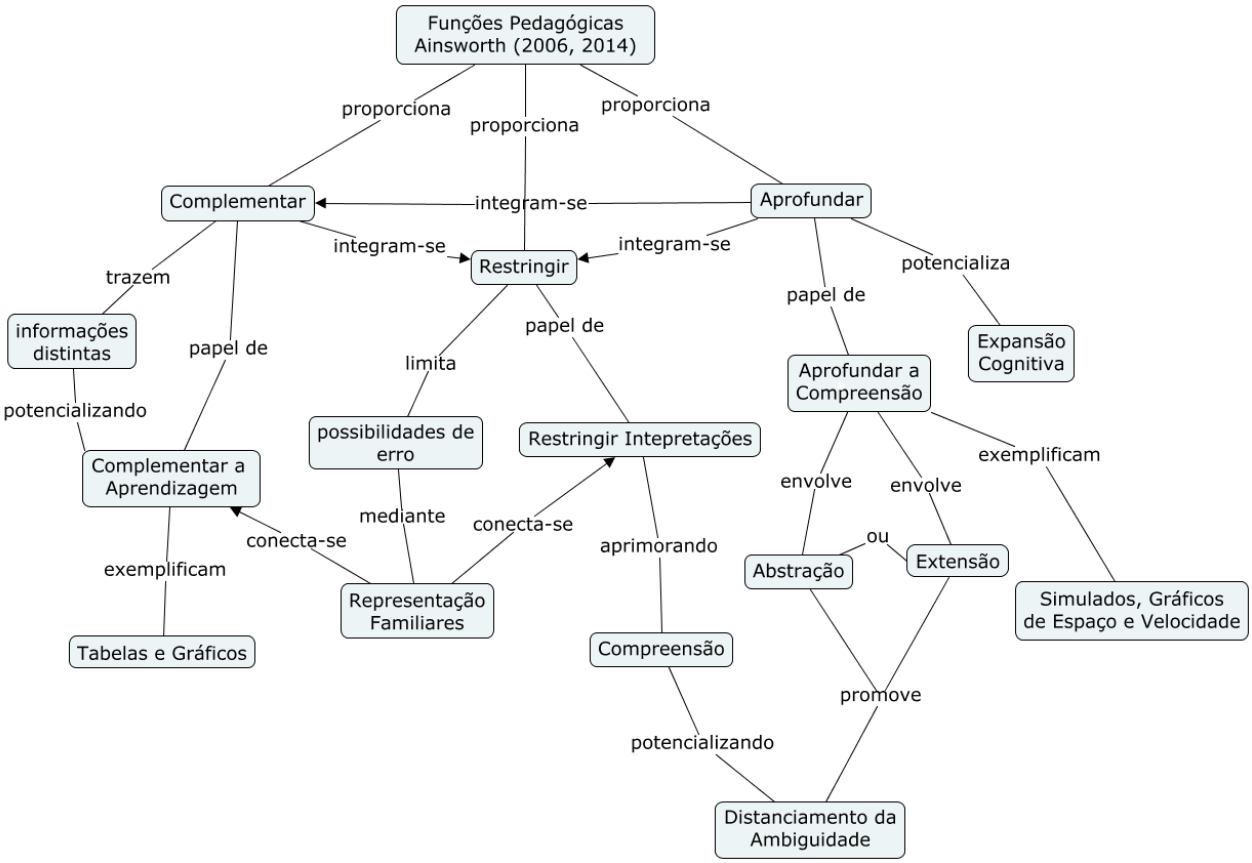
Sob essa ótica, a incorporação das MR na proposta metodológica atua como um vetor de sustentação para a mediação do fenômeno estudado, mostrando-se marcadamente promissora no domínio de conteúdos matemáticos. Ao transitar por diferentes representações, o licenciando é impelido a estabelecer nexos cognitivos profundos, fator que impulsiona a emergência de indícios de Aprendizagem Significativa (Ausubel, 2003). Esse movimento instrumental e dinâmico propicia ao sujeito a superação de concepções fragmentadas, possibilitando subsídios que favorecem a diferenciação progressiva e a estabilização de seus subsunçores, além de culminar no desenvolvimento de uma fluência matemática mais sólida e flexível sobre o objeto de estudo em questão.

Neste sentido, considerando a indissociável heterogeneidade das salas de aula e a complexidade inerente ao ato de aprender, a adoção dessa estratégia fundamenta-se na premissa de que nenhuma representação singular é capaz de, por si só, abranger a totalidade de um conceito ou acomodar as necessidades particulares

de todos os estudantes (Tozo; Sanzovo; Lucas, 2026). Sob essa perspectiva, Ainsworth (2006) postula que o uso de múltiplos registros potencializa o ambiente instrucional ao desempenhar três funções pedagógicas essenciais e integradas na construção do conhecimento: complementar, restringir e aprofundar.

A fim de esquematizar a taxonomia proposta por Ainsworth (2006) e suas interações no processo de ensino e aprendizagem, a Figura 2 apresenta um MC que sintetiza as três funções pedagógicas das MR.

Figura 2: Diagrama das Funções Pedagógicas fundamentada em Ainsworth (2006; 2014)



Fonte: autoria própria

Conforme explicitado na Figura 2, o conceito central desdobra-se em três funções principais que guiam a organização do conhecimento mediado pelas MR: *complementar*, *restringir* e *aprofundar*. Como indicado pelas linhas horizontais que conectam esses pilares na parte superior do diagrama, as funções não possuem caráter excludente e tampouco ocorrem em etapas cronologicamente isoladas, pelo contrário, elas são integrantes e coexistentes, pois possibilita que uma determinada representação atue em duas (ou nas três) funções simultaneamente.

O primeiro ramo vertical, mapeado mais à esquerda da Figura 2, detalha a função de *complementar*, fundamentada na premissa que cada representação dispõe de especificidades e limitações intrínsecas. Dessa forma, a sobreposição do uso coordenado de representações complementa-se e possibilita o estudante a realizar inferências variadas e construir uma síntese conceitual.

Adicionalmente, a Figura 2 evidencia que essa função se conecta de maneira transversal com as representações familiares (tais como tabelas, gráficos e animações concretas), as quais se associam por critérios de preferência e familiaridade do discente. Ao dispor de representações familiares, o aluno encontra suporte para interpretar registros progressivamente mais abstratos (Ainsworth, 2014). Como exemplificação dessa complementaridade, o diagrama destaca a coordenação entre tabelas e gráficos, cujo uso simultâneo enriquece o processo de aprendizagem por meio de diferentes inferências e benefícios cognitivos.

Em estreita articulação com essa função, destaca-se a função *restringir*, localizada ao centro da Figura 2, que oportuniza ao estudante o refinamento de sua compreensão conceitual, sobretudo por mitigar a ambiguidade. Em outros termos, ao empregar uma representação familiar como suporte, limita-se as possibilidades de equívocos, erros ou interpretações divergentes decorrentes da manipulação de uma segunda representação dotada de maior nível de abstração.

Em relação a função de *aprofundar*, está se constitui quando as MR impulsionam o aluno a transcender o contexto inicial do aprendizado (Baptista; Conceição; Ponte, 2020). Essa função pode se desdobrar por meio da *extensão* — em que o sujeito aplica e expande os conhecimentos consolidados para novos domínios representacionais — ou pela *abstração*, que permite generalizar propriedades e conceitos a partir das similaridades estruturais percebidas entre os diferentes registros descritos. Na parte inferior do diagrama, segundo a Figura 2, articula-se e correlaciona com gráficos de espaço e velocidade como o exemplo dessa função, ilustrando como as MR qualificam a apreensão de conceitos complexos e estruturantes da matemática, como as funções, limites e as derivadas.

Na sequência, expõem-se os encaminhamentos metodológicos adotados para a sustentação desta pesquisa.

Encaminhamento metodológico

Esta investigação adota uma abordagem qualitativa de natureza descritiva e de intervenção pedagógica (Lüdke; André, 1986). O estudo foi desenvolvido em uma universidade pública do estado do Paraná durante a implementação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) focada no conceito de Limites e amparada nas Múltiplas Representações (MR). Participaram da pesquisa discentes do primeiro ano do curso de Licenciatura em Matemática que não haviam cursado Cálculo Diferencial e Integral, mas apresentavam conhecimentos prévios sobre Funções.

A UEPS articulou os referenciais da Aprendizagem Significativa (Moreira, 2011) e as funções pedagógicas das MR (Ainsworth, 2006; 2014) ao longo de oito etapas sequenciais, totalizando 12 horas-aula no formato semipresencial (encontros síncronos e atividades assíncronas em ambiente virtual). A intervenção integrou as representações geométrica, física, tabular e algébrica por meio dos softwares GeoGebra, PhET e Symbolab, visando oportunizar as funções pedagógicas de *complementar*, *restringir* e *aprofundar* o conceito de Limite, cuja descrição minuciosa e material instrucional completo encontram-se disponíveis na integra pelo link: <https://>

O *corpus* de análise constitui-se dos Mapas Conceituais (MC) elaborados no início e no término da sequência, acompanhados por áudios gravados pelos discentes com explicações detalhadas de seus esquemas em resposta a diálogos intencionais. Para este artigo, delimitou-se o exame aos sete MC Finais dos estudantes que concluíram todas as etapas. Aprofundou-se a análise sobre os mapas e relatos de três participantes selecionados via amostragem por variação máxima (Patton, 2015), contemplando casos representativos dos níveis de diferenciação progressiva e de coordenação das MR.

Em conformidade com as diretrizes éticas (aprovação do Comitê de Ética da UENP sob o parecer nº 5.800.939), os sujeitos assinaram o TCLE e foram anonimizados pela letra “P” acompanhada de numeral (P1 a P7), assim como os mapas conceituais (MC1 a MC7).

Para a avaliação dos MC enquanto instrumentos de verificação da Aprendizagem Significativa, o estudo articulou os referenciais de Novak (1977) e Ausubel (1963) para a elaboração de quatro categorias analíticas específicas. A

primeira delas, Hierarquização (C1), examina a disposição hierárquica dos conceitos, do mais geral ao mais específico, refletindo os princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora. A categoria Palavras-Chave entre as Proposições (C2) avalia o emprego dos termos de ligação responsáveis por conferir estrutura lógica e coesão ao mapa. Por sua vez, a Validade entre as Proposições (C3) investiga a exatidão conceitual e a correção das asserções estabelecidas pelos estudantes, processo refinado pelo confronto com as justificativas orais gravadas em áudio.

Por fim, a categoria Múltiplas Representações (C4) analisa a capacidade do licenciando em associar o conceito abstrato de Limite aos diferentes modos representacionais (gráficos, tabelas, expressões algébricas e enunciados verbais), sem substituir os constructos teóricos pelas suas meras simbologias. A presença e o cruzamento desses elementos nos MC atuam como indicadores do domínio e do desenvolvimento das três funções pedagógicas propostas por Ainsworth (2006; 2014), integrada pela sequência de ensino.

Cabe ressaltar como limitação e escolha de triangulação metodológica que a análise se apoiou, expressivamente, nas explicações em áudio, uma vez que, os estudantes não registraram formalmente em seu respectivo MC as articulações entre as representações, contudo, ao explicarem seus esquemas via relato oral, evidenciaram ter desenvolvido uma determinada função pedagógica. Nesses episódios em que a coordenação de registros foi explicitada verbalmente, mas omitida na representação, a presença da função pedagógica foi caracterizada na análise como teoricamente identificada.

Em síntese, com o intuito de integrar a objetividade e profundidade no processo de avaliação, estabeleceu uma classificação A, B ou C, conforme o Quadro 1, para agrupar cada categoria - C1, C2, C3.

Quadro 1: Indicação para análise dos Mapas Conceituais

Classificação	Justificativa
A	Caso o mapa conceitual acatar todas as particularidades da categoria analisada.
B	Caso o mapa conceitual acatar parcialmente as particularidades da categoria analisada.
C	Caso o mapa conceitual não acatar as particularidades da categoria analisada.

Fonte: Adaptado de Brezolin (2015)

A seguir, apresenta-se a seção de apresentação e análise dos dados, respeitando as categorias estabelecidas, e as classificações de cada MC posteriormente.

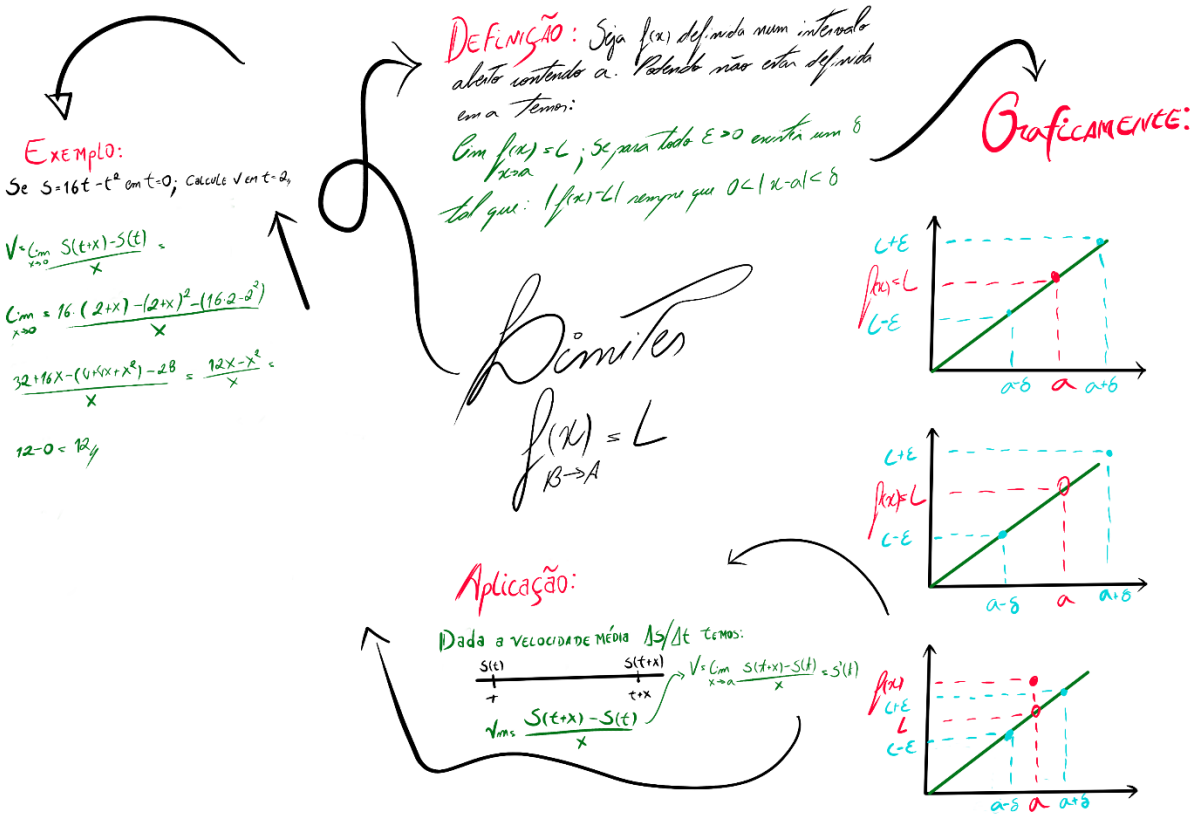
Resultados e Discussão

A análise qualitativa dos dados coletados amparou-se no cruzamento das evidências empíricas com os pressupostos teóricos adotados neste estudo, concentrando-se nos licenciandos que concluíram todas as etapas da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa.

Neste artigo, analisam-se os dados de três participantes (P1, P3 e P6), selecionados conforme o critério metodológico de amostragem por variação máxima previamente descrito. Essa amostragem abrange desde estruturas não lineares e cíclicas (como o MC1) até esquemas com hierarquização bem delineada e elevada validade proposicional (MC3 e MC6). Ademais, contempla casos em que as funções pedagógicas foram inferidas teoricamente a partir do discurso exclusivamente verbal emitido nas defesas orais. Essa diversidade permite mapear, com maior profundidade, os indícios de Aprendizagem Significativa e os modos de mobilização conceitual desencadeados pela unidade de ensino. A seguir, expõem-se os MC e as análises correspondentes a cada um dos sujeitos. A Figura 3, ilustra o MC elaborado por P1.

Ao analisar o MC1, estruturado por P1, identifica-se o eixo temático “Limite” posicionado ao centro da estrutura gráfica. Abaixo desse núcleo, o estudante inseriu uma notação matemática equivocada para o conceito, o que influenciou a validação das proposições centrais. A partir do centro, percebe-se que a sequência de conceitos intermediários e específicos realiza um movimento cíclico que se desloca da direita para a esquerda. Inicialmente, declara-se a definição com uma notação da linguagem matemática, na sequência, à direita, liga-se uma representação gráfica que ilustra a definição, em seguida, faz-se alusão a uma aplicação física desenvolvida durante as atividades da sequência de ensino e, ao fim, apresenta-se a exemplificação do cálculo de limite mediante a velocidade instantânea.

Figura 3: Mapa Conceitual apresentado pelo participante P1.



Fonte: elaborado pelo participante P1

No que tange à Categoria um (C1): Hierarquização, verifica-se que esse arranjo cíclico reflete uma organização bidimensional, disposta vertical e horizontalmente, traduzindo um momento específico do aluno na interação com o objeto de conhecimento (Moreira; Masini, 1982; Souza; Boruchovitch, 2010). Na literatura sobre mapeamento conceitual, ressalta-se que estruturas cíclicas ou teias frequentemente assinalam uma fase transitória de reorganização cognitiva, na qual o estudante busca articular conceitos sem ainda estabelecer uma clara diferenciação hierárquica do mais geral para o mais específico (Novak; Cañas, 2010). Contudo, a identificação desse fluxo rotativo só se tornou possível após a confrontação com o áudio explicativo do participante, portanto, atribuiu-se ao MC1 a **classificação B.**

Para a Categoria dois (C2): Palavras-chave entre as proposições, o MC1 carecia inteiramente de termos sobre as linhas de conexão, recebendo a **classificação C**, visto que a ausência de termos de ligação aproxima o artefato de um mapa mental ou organograma informal, uma vez que não há uma sequência hierárquica explicitada por conectores (Novak; Cañas, 2010). Essa lacuna formal sugere que P1 concentrou sua atenção nos nós conceituais isolados, negligenciando

as relações sintáticas e semânticas necessárias para formar proposições completas, fenômeno recorrente nas etapas iniciais de representação conceitual em Matemática.

Relativamente à Categoria três (C3): Validade entre as proposições, o MC1 foi avaliado com conceito B devido à ambiguidade conceitual manifestada tanto na escrita gráfica quanto na defesa oral, oportunidade na qual o participante afirmou que:

> [P1] – a função f(x) quando tem um ponto tendendo a um valor é igual a um número L.

Essa formulação distancia-se do rigor formalizado pela literatura, em que se estabelece o limite da função quando a variável independente tende a um valor (Stewart, 2013). Essa imprecisão na verbalização e na notação reflete o obstáculo clássico apontado por Tall (1991) no ensino de Cálculo: o conflito entre a imagem conceitual intuitiva do estudante (frequentemente confusa) e a definição formal rigorosa. O P1 confunde a tendência da variável x com a aplicação direta da função $f(x)$, evidenciando um subsunçor ainda em processo de refinamento.

No âmbito da Categoria quatro (C4): Múltiplas Representações, o diálogo mediado revelou que P1 utilizou o registro gráfico por considerá-lo mais familiar, visível e dedutível para analisar o comportamento da função em torno de um ponto e compreender a coexistência dos parâmetros épsilon e delta, isso fica claro quando ele menciona:

> [P1] – Em meu mapa, apresento uma definição do conceito de Limite, mediante a linguagem verbal escrita, com algumas notações matemáticas. E fiz a representação de um gráfico para abordar essa definição de forma mais simples.
> [Pesquisador] – Mas por que você acha mais simples essa representação?
> [P1] – Bom, eu tenho mais contato com a representação gráfica, e acho que o conceito fica mais visível e dedutível quando uma função está expressa no gráfico. No caso de Limite, eu consigo visualizar melhor o porquê de existir um epsilon maior que zero e o delta no eixo x, por exemplo. Assim, consigo analisar o comportamento da função em torno de um ponto ‘a’.

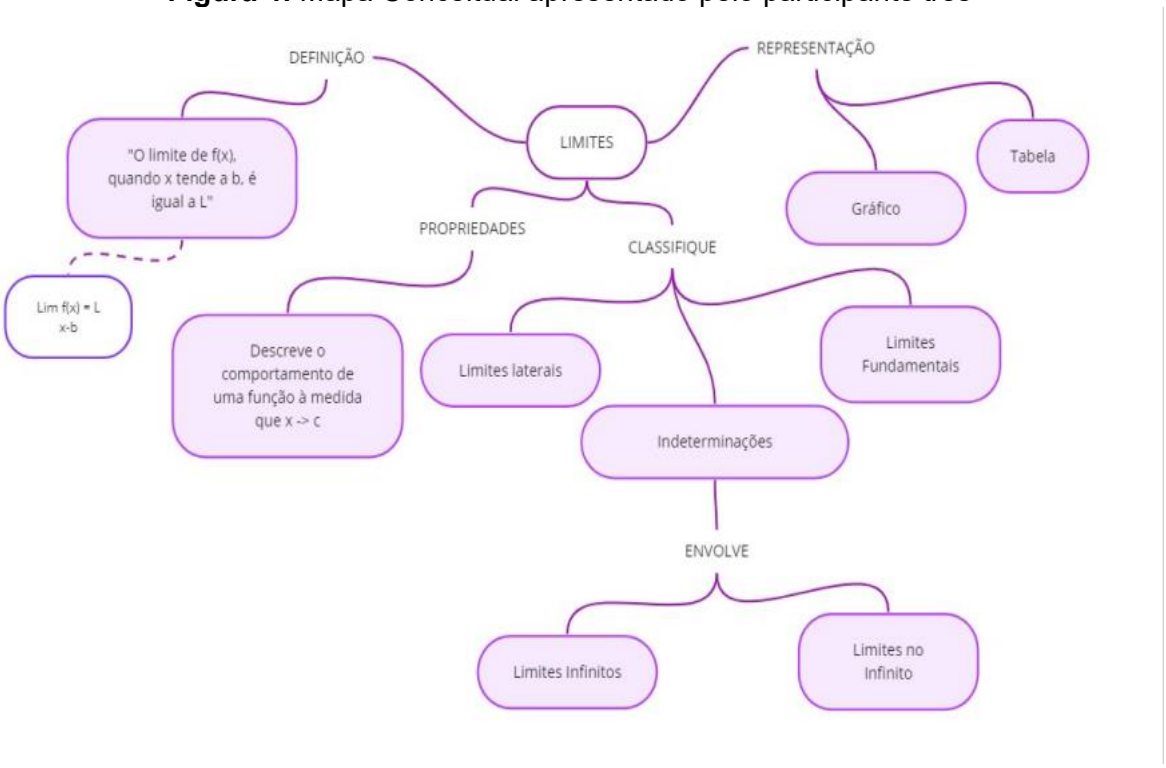
Sob esse prisma, o modo gráfico desempenhou a função pedagógica de *restringir*, atuando como suporte para evitar equívocos na interpretação da definição formal. De acordo com Ainsworth (2006), a função de restrição ocorre precisamente quando uma representação mais concreta ou familiar (como o gráfico) é empregada

para limitar as interpretações incorretas ou abstratas de outra representação (como a notação formal com ϵ e δ).

Adicionalmente, identificaram-se indícios das funções *complementar* e *aprofundar*, visto que o participante coordenou os registros verbal escrito, algébrico e geométrico de forma integrada para estender o conceito matemático a uma aplicação prática na Física, determinando a velocidade instantânea como o valor limite das velocidades médias em um intervalo de tempo. Essa transição entre a Matemática pura e a interpretação física sinaliza um movimento de diferenciação progressiva do conceito de taxa de variação.

Em continuidade à exposição dos dados, o participante três (P3) estruturou o seu MC3, conforme a Figura 4, em quatro subdivisões principais que demandam uma leitura orientada no sentido da esquerda para a direita.

Figura 4: Mapa Conceitual apresentado pelo participante três



Fonte: elaborado pelo participante P3

A primeira ramificação dedica-se à notação formal da linguagem matemática, a segunda estabelece a interpretação do limite associada ao objeto estruturante “Função”, a terceira ramificação discrimina as particularidades do limite com relação à sua determinação e propriedades de classificação, por fim, a quarta subdivisão expõe duas das representações empregadas ao conceito.

Sobre a Categoria C1, observa-se que os conceitos subordinados estão agrupados em ramificações que se estendem progressivamente a partir do conceito central, partindo de níveis mais elaborados e inclusivos até atingir os termos mais específicos, como as indeterminações. Essa estrutura hierárquica confere ao MC3 a classificação A, sugerindo que os subsunçores do estudante se mostram progressivamente diferenciados (Moreira; Masini, 1982). Esse tipo de organização ramificada demonstra uma ancoragem estruturada, na qual o conceito abrangente de Limite subordina de forma coerente suas propriedades e métodos operacionais.

Para a C2, o MC3 também obteve classificação A por empregar palavras de ligação precisas entre os conceitos, constituindo unidades semânticas coesas que afirmam ou negam propriedades do objeto matemático, conferindo legibilidade autônoma ao esquema (Pérez; Vieira, 2005). Na C3, verificou-se a consistência lógica e a veracidade das proposições contidas na terceira ramificação, fornecendo indícios do domínio e da capacidade de conceitualização do estudante ao selecionar conteúdos significativos e conectá-los aos seus conhecimentos prévios para gerar uma síntese gráfica válida (Ruiz-Moreno *et al.*, 2007).

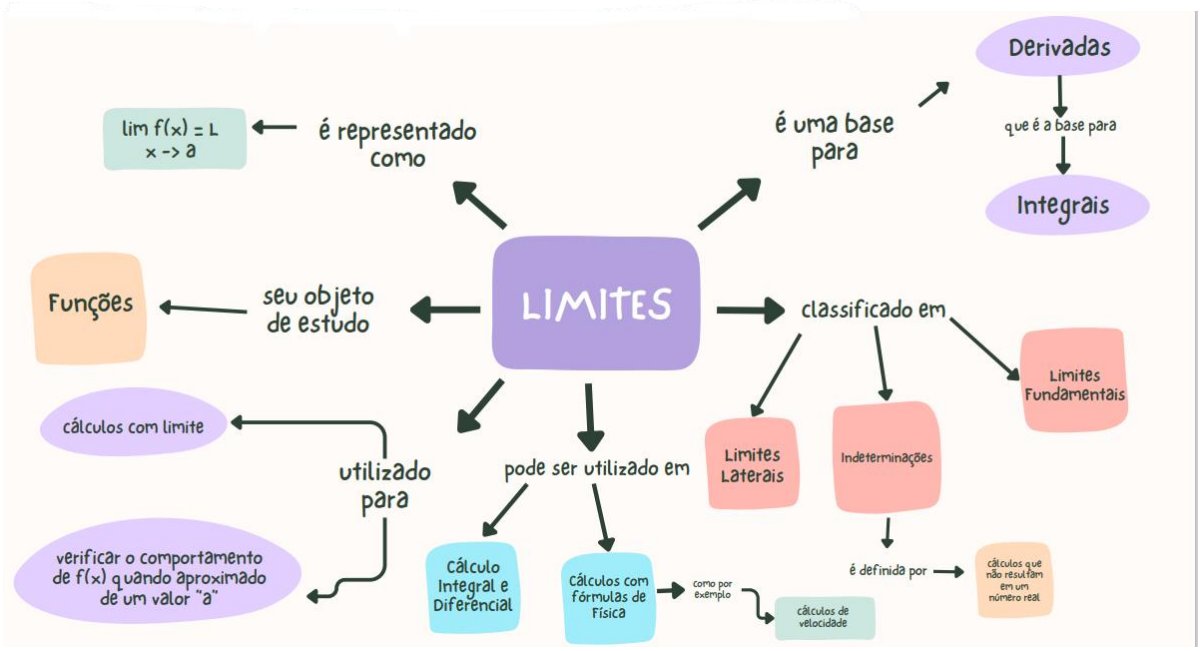
No que concerne à C4, as interações dialógicas demonstraram que P3 mobilizou a ideia intuitiva de limite para explicar o comportamento local de uma função e a dinâmica dos limites laterais. O discente destacou que a utilização de tabelas numéricas e esboços gráficos simplifica a visualização e torna o comportamento das variáveis mais evidente. Embora tais registros visuais não tenham sido desenhados fisicamente nas caixas do mapa, o discurso do licenciando ativou a função pedagógica de *complementar* ao reconhecer as particularidades únicas das linguagens verbal, escrita e algébrica no processo de ensino, sugerindo inclusive o uso de softwares matemáticos para a dedução das propriedades em sala de aula.

> [P3] – Como eu falei, eu consigo obter o valor de Limite quando observo o comportamento da função quando faço um gráfico. Uma outra coisa que acho mais simples, é colocar os dados em uma tabela, por mais que seja trabalhoso realizar os cálculos ali, mas eu consigo olhar o comportamento da função quando ela está tendendo da direita para a esquerda, e depois, da esquerda para direita.
> [...]
> [Pesquisador] – Muito bem, mas como você ensinaria isso em sala de aula?
> [P3] – Bom, eu empregaria o uso de algum software, ou a dedução e explicação com uma tabela e gráfico.
> [Pesquisador] – Por que utilizaria essas ferramentas?

> [P3] – Acho que porque fica mais visível ao compreender o cálculo do Limite lateral quando eu coloco em um gráfico, por exemplo. Fica mais evidente!

A fala de P3 evidencia o que Abar e Santos (2021) discutem sobre o papel da geometria dinâmica e das tabelas: a alternância de registros amplia a intuição do estudante antes da formalização. O fato de o participante declarar a utilidade da tabela e do gráfico oralmente, sem tê-los desenhado no papel, justifica a inferência teoricamente, demonstrando que a estrutura cognitiva do sujeito apreendeu a função *complementar* das MR, embora a transposição para a linguagem gráfica formal do mapa tenha sido omitida. A Figura 5, a seguir, expõe-se que MC6.

Figura 5: Mapa Conceitual apresentado pelo participante P6.



Fonte: elaborado pelo participante P6.

O participante seis (P6) organizou o MC6 por meio de conexões verticais e horizontais que partem do eixo central “Limites”, estruturando seis divisões que funcionam como conceitos intermediários. A sequência de leitura estabelece uma ordem que se inicia na relação com o componente de “Funções”, transita por sua funcionalidade operacional, apresenta sua notação matemática clássica, mapeia os campos aos quais pode ser aplicado, elenca seus pressupostos classificatórios e culmina em seu papel como princípio gerador para outras temáticas do Cálculo, como Derivadas e Integrais.

Em relação à Categoria um (C1), a presença dessas seis ramificações hierárquicas bem definidas garantiu ao mapa a **classificação A**, sinalizando uma clara distinção entre os níveis de generalização e fornecendo indícios do princípio da diferenciação progressiva, no qual os tópicos antecedentes fornecem a base de assimilação ou esteio para os conceitos subsequentes.

Na C2, o MC6 foi igualmente classificado com o **conceito A** devido à seleção criteriosa de palavras de ligação que conferiram sentido e unidade semântica à representação esquemática, associando o signo verbal ao objeto matemático correspondente (Moreira, 1999).

Sob a ótica da Categoria três (C3), o participante demonstrou segurança teórica e abstração conceitual ao justificar oralmente as três especificações do limite representadas em seu mapa, caracterizando os limites laterais como o comportamento local da função, os limites fundamentais como regras operatórias essenciais e as indeterminações como situações em que não se consegue determinar o valor do limite de forma direta.

> [...]
> [Pesquisador] – Percebo aqui, que você sinaliza que o Limite está classificado em três especificações, o que você quis expor com essa ideia?
> [P6] – Nesta parte eu quis ressaltar algumas temáticas desenvolvido quando trabalhamos com Limite. Uma temática é o Limite lateral que entendemos como o comportamento local da função, já os limites fundamentais são algumas regras importantes quando estamos desenvolvendo um cálculo de Limite, e por último, sobre as indeterminações, a qual não conseguimos determinar diretamente o valor de um Limite.

Esse desempenho sustentou a atribuição da classificação A para a consistência proposicional do modelo, indicando alinhamento entre o discurso oral e a estrutura gráfica (Moreira, 2006). A clareza na distinção entre técnicas operatórias (limites fundamentais) e conceitos qualitativos (limites laterais) aponta para um processo de reconciliação integradora, no qual o estudante não apenas memorizou regras, mas organizou suas funções dentro do quadro geral do Cálculo.

No âmbito da C4: Múltiplas Representações, seguidamente, apresenta-se o diálogo com o P6:

> [Pesquisador] – O que você entende por ‘cálculo com limite’ como expresso no seu mapa?
> [P6] – Ah, quando coloco ‘cálculo com limite’ significa que eu posso usar o conceito de Limite para calcular o comportamento de funções à medida que a variável se aproxima de determinado ponto.
> [Pesquisador] – Ok, mas como você realiza esse ‘cálculo com limite’?
> [P6] – Basicamente, é como se estivéssemos observando o que acontece com a função quando x se aproxia de algum valor específico, tanto pelo lado direito quanto pelo lado esquerdo. Então, eu realizo o cálculo, por exemplo, usando o auxílio de um gráfico porque após esboçar a função consigo observar essa aproximação. Outro modo que podemos usar é as contas de Limite, mas ele é mais complexo.

O relato de P6 sugere que o discente compreende o cálculo limite como ferramenta para rastrear o comportamento de funções em torno de um ponto. A partir dessas explicações, identificam-se sinais de que o participante desenvolveu a função pedagógica de *complementar*, visto que reconhece que as manipulações algébricas são “mais complexas” e que o gráfico oferece uma leitura mais intuitiva da aproximação local. Contudo, no corpo físico do seu MC, o licenciando limitou-se a empregar as representações verbal escrita e algébrica. Esse contraste entre a riqueza do relato verbal e a sobriedade do registro escrito reitera a importância de adotar a entrevista em áudio como instrumento de triangulação metodológica, evitando diagnosticar erroneamente uma ausência de apreensão conceitual quando está apenas não foi desenhada no mapa (Ainsworth, 2014).

A sistematização dos resultados obtidos nos sete trabalhos analisados na dissertação de origem foi consolidada no Quadro 2, que mapeia os modos representacionais identificados nos mapas e correlaciona as respectivas funções pedagógicas emergentes.

Quadro 2: Síntese das representações identificadas e suas respectivas funções pedagógicas

Mapa Conceitual	Representações (R)	Funções Pedagógicas
MC1	**Verbal escrita** (R1) **Algébrica** (R2) **Gráfica** (R3)	***Restringir*** (R3 apoiou a compreensão do conceito); ***Complementar*** (uso de R1, R2 e R3 como modo de informações únicas acerca de Limite); ***Aprofundar*** (Uso de forma integrada de R1, R2 e R3 no entendimento de Limite)
MC2	**Verbal escrita** (R4) **Algébrica** (R5)	***Complementar*** (uso de R4 e R5 como modo de informações únicas acerca de Limite)
MC3	**Verbal escrita** (R6) **Algébrica** (R7)	***Complementar*** (uso de R6 e R7 como modo de informações únicas acerca de Limite)
MC4	**Verbal escrita** (R8) **Algébrica** (R9)	***Complementar*** (uso de R8 e R9 como modo de informações únicas acerca de Limite)

MC5	**Verbal escrita** (R10) **Algébrica** (R11)	***Complementar*** (uso de R12 e R13 como modo de informações únicas acerca de Limite); ***Aprofundar*** (Uso de forma integrada de R10 e R11 no entendimento de Limite)
MC6	**Verbal escrita** (R12) **Algébrica** (R13)	***Complementar*** (uso de R12 e R13 como modo de informações únicas acerca de Limite)
MC7	**Verbal escrita** (R14) **Algébrica** (R15)	***Complementar*** (uso de R14 e R15 como modo de informações únicas acerca de Limite)

Fonte: autoria própria

A partir dos dados expostos no Quadro 2, observa-se que a totalidade dos participantes apresentou indícios do desenvolvimento da função pedagógica de *complementar*. A convergência de representações indica que a coordenação de duas ou mais linguagens — com proeminência para as representações verbal escrita e algébrica — ofereceu informações complementares indispensáveis para que os futuros professores realizassem a síntese conceitual de Limite. Esse resultado alinha-se na complementaridade como a porta de entrada para a superação do ensino focado unicamente na manipulação algébrica desprovida de sentido.

Adicionalmente, a função *apronfundar* manifestou-se em dois mapas conceituais (MC1 e MC5), nos quais a integração multifacetada de linguagens impulsionou potenciais avanços nos níveis de abstração e aplicação prática do conteúdo. Em contrapartida, a função *restringir* foi identificada de maneira explícita em apenas um caso (MC1), ocorrendo quando o estudante se apoiou em um registro visual familiar para mitigar as ambiguidades do formalismo analítico.

Cumpre destacar, por fim, que embora a maioria dos licenciandos tenha priorizado a relevância das representações gráficas e das tabelas numéricas em suas justificativas orais, esses elementos visuais nem sempre foram transpostos graficamente para os diagramas físicos. Contudo, para fins de rigor analítico, tais manifestações verbais foram validadas como teoricamente, constituindo indícios legítimos dos processos de diferenciação progressiva e reconciliação integradora que atuaram na estrutura cognitiva dos participantes.

Considerações finais

Esta investigação cumpriu o propósito de apresentar os resultados de uma análise qualitativa, derivada de uma dissertação de mestrado profissional, com foco no mapeamento e na avaliação de Mapas Conceituais produzidos por licenciandos

em Matemática de uma universidade pública estadual do Paraná. Os resultados revelaram que a Unidade de Ensino Potencialmente Significativa funcionou como uma sequência de atividades dotada de significado lógico, a qual impulsionou o desenvolvimento cognitivo dos futuros professores no estudo de conceitos fundamentais do Cálculo.

A partir da análise dos dados coletados, evidenciaram-se indícios consistentes não apenas de Aprendizagem Significativa na reconfiguração da estrutura cognitiva dos estudantes, mas também o desenvolvimento e a manifestação das funções pedagógicas de Ainsworth desencadeados após a implementação da unidade de ensino. Essa abordagem contribuiu para distanciar os sujeitos de práticas puramente mecânicas ou memorísticas, recorrentes no ensino tradicional do Cálculo Diferencial e Integral.

Em relação aos MC como instrumento avaliativo, destaca-se o cruzamento das transcrições de áudio com as representações esquemáticas. Essa triangulação revelou o mapeamento detalhado da estrutura cognitiva dos estudantes, tornando visíveis tanto as suas concepções consolidadas e o uso integrado de distintas representações quanto as lacunas estruturais e os equívocos notacionais remanescentes. A presença de relações bem delineadas e organizadas de forma hierárquica nos mapas indicou que a coordenação de linguagens distintas ampara o discente na transição em direção à abstração conceitual.

Sobre o percurso analítico, a categorização estruturada a partir dos critérios de hierarquização (C1), palavras-chave (C2) e validade proposicional (C3) mostrou-se um modelo eficaz para mapear o amadurecimento conceitual dos licenciandos. Contudo, um dos desdobramentos mais relevantes emergiu na categoria de Múltiplas Representações (C4), na qual se constatou a mobilização das funções pedagógicas de Ainsworth mesmo diante da ausência de registros visuais físicos no corpo dos MC. As defesas orais e os diálogos gravados revelaram que os estudantes mobilizaram ativamente funções como a de *complementar* e a de *restringir* ao justificarem o uso de tabelas e gráficos para compreender o comportamento local da função e os limites laterais. Esse fenômeno indica que a reconciliação integradora e a coordenação de diferentes linguagens operaram na estrutura cognitiva dos futuros professores, ultrapassando aquilo que foi materializado graficamente no papel e validando o potencial da UEPS em expandir o domínio representacional dos sujeitos.

Nesse âmbito, reconhecem-se as limitações inerentes ao percurso metodológico, a dependência de registros em áudio exige cautela analítica para evitar inferências especulativas sobre o pensamento do estudante, além de demandar alto custo operacional na transcrição e triangulação dos dados. Cabe ressaltar, também, que os achados se delimitam ao contexto específico do grupo investigado, não devendo ser tomados como generalizações universais.

Em suma, a articulação entre a UEPS e as Múltiplas Representações sinaliza caminhos promissores para qualificar a formação inicial de professores, à medida que propicia aos licenciandos uma compreensão conceitual que ultrapassa o mero domínio operacional de algoritmos.

Diante do alcance dessa ampliação cognitiva que muitas vezes superou os limites do registro gráfico físico, espera-se que investigações futuras explorem o uso dos MC como um instrumento avaliativo multidimensional. Recomenda-se, em especial, o refinamento de matrizes analíticas voltadas para a decodificação de dados representacionais manifestados tanto de forma gráfica quanto verbal, a atribuição de critérios valorativos aos esquemas e a proposição de protocolos que otimizem a captura da linguagem oral em sala de aula, subsidiando novos caminhos práticos e metodológicos para a pesquisa em Educação Matemática.

Agradecimentos

Ao grupo de pesquisa em Ensino e Formação de Professores (GPEFOP) da UENP pelas colaborações e pelo intercâmbio de ideias nas reuniões.

Referências

AINSWORTH, S. **The Multiple Representation Principle in Multimedia Learning**. The Cambridge handbook of multimedia learning, 464, 2014.

AINSWORTH, S. DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. **Learning and Instruction**, 16, p. 183-198, 2006.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos**: Uma Perspectiva Cognitiva. Portugal: Paralelo Editora, 2003.

AUSUBEL, D. P. **Psicologia educacional: uma visão cognitiva**. 1978.

AUSUBEL, D. P. **The psychology of meaningful verbal learning**. Nova Iorque: Grune & Stratton, 1963.

BAPTISTA, M; CONCEIÇÃO, T; PONTE, J. P. Estudo de aula como facilitador de aprendizagens de futuros professores de física e química sobre o uso de múltiplas. **APEduC Revista-Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia**, v.1, n.1, p.41-54, 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parecer Conselho Nacional de Educação Câmara de Educação Superior N.°: 1.302/2001**. Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Matemática, Bacharelado e Licenciatura. Diário Oficial da União de 05 março 2002. Seção 1, p. 15.

BREZOLIN, W. **Mapas conceituais e os conceitos da disciplina de algoritmos:** uma aplicação para a aprendizagem significativa. 2015. 117 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologias da inteligência e Design Digital) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2015.

D'AMBRÓSIO, U. Sociedade, cultura, matemática e seu ensino. **Educação e pesquisa**, v. 31, p. 99-120, 2005.

D´AMBROSIO, B. S. Formação de Professores de Matemática para o século XXI: o grande desafio. **Pro-Posições**. Campinas, v. 4, n. 1, p. 35 a 41, 1993.

FERREIRA, A.; JESUS, F. N.; GONÇALVES, G. C. Mapas conceituais como instrumento de avaliação formativa no ensino superior de física: uma abordagem híbrida estrutural-semântica sobre o conceito de força. **Revista Tópicos**, v. 4, n. 7, 2026.

FERREIRA, M.; SILVA, A. L. S.; SILVA FILHO, O. L. Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) e Ensino de Ciências Pela Pesquisa (ECP): Interfaces a Partir de uma Revisão Narrativa de Literatura. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 22, p. 1-28, 2022.

LACHINI, J. Subsídios para explicar o fracasso de alunos em cálculo. **FUMARC**. Belo Horizonte, 2001.

LÜDKE, M., ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.

MEYER, C. **Derivada/Reta Tangente: imagem conceitual e definição conceitual**. 2003. 159 p. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2003.

MOREIRA, M. A. **O que é afinal, aprendizagem significativa?** 2012. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/oqueeafinal.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2026.

MOREIRA, M. A. **A Teoria da Aprendizagem Significativa**. 1 ed. Porto Alegre, 2009.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa crítica**. Porto Alegre, v. 2, p. 19-32, 2005.

MOREIRA, M. A. **Teorias cognitivas da aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. A. F. S. **Aprendizagem Significativa**. A teoria de David Ausubel. São Paulo: Editora Moraes, 1982.

NASSER, L. Ajudando a superar obstáculos na aprendizagem de cálculo. **Encontro Nacional de Educação Matemática (ENEM),** v.9, p. 1-14, 2007.

NOVAK, J. D. **Uma teoria de educação**. São Paulo: Pioneira, 1981. Trad. M. A. Moreira original A Theory of education, Cornell University Press, 1977.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los**. Práxis Educativa**. Ponta Grossa, vol.5, n.1, p. 9-29, 2010.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a aprender**. Lisboa: Plátano, 1996.

PÉREZ, C. C. C.; VIEIRA, R. Mapas Conceituais: geração e avaliação. In: **Anais do III Workshop em Tecnologia da Informação e da Linguagem Humana (TIL'2005)**. p. 2158-2167, 2005.

PERRENOUD, P. Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens-entre duas lógicas. In: **Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens-entre duas lógicas**. 1999. p. 183-183.

REZENDE, F; OSTERMANN, F. Aferição da aprendizagem significativa na pesquisa em ensino de ciências: uma análise crítica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 2, p. 223-234, 2005.

RUIZ-MORENO, L; SONZOGNO, M. C; BATISTA, S. H. S; BATISTA, N. A. Mapa conceitual: ensaiando critérios de análise. **Revista Ciência e Educação,** Bauru, v. 13, n.3, p. 453-463, 2007.

SANZOVO, D. T. **Níveis Interpretantes alcançados por estudantes de licenciatura em ciências biológicas acerca das Estações do Ano por meio da utilização da estratégia de Diversidade Representacional**: uma Leitura Peirceana para sala de aula. 2017. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

SANZOVO, D. T. Diversidade Representacional em Produtos Educacionais no Brasil: Panorama, Desafios, Perspectivas. **Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas**, [S. l.], v. 27, n. 2, p. 161–172, 2026. DOI: 10.17921/2447-8733.2026v27n2p161-172. Disponível em: https://revistaensinoeeducacao.pgsscogna.com.br/ensino/article/view/14729. Acesso em: 2 nov. 2026.

SILVA, D. C.; SANZOVO, D. T.; LUCAS, L. B.; LUCCAS, S. Diversidade Representacional e Cálculo Diferencial e Integral: uma Revisão Sistemática de Literatura. **Revista Insignare Scientia**, v. 9, n. 1, p. e15119, 2026. DOI: 10.36661/2595-4520.2026v9n1.15119.

SOUZA, N. A. de; BORUCHOVITCH, E. Mapas conceituais: estratégia de ensino/aprendizagem e ferramenta avaliativa. **Educação em Revista**, v. 26, n. 03, p. 195-217, 2010.

STEWART, J. Cálculo: Volume 1. 7, ed. São Paulo: Trilha, 2013.
TALL, D. **Advanced mathematical thinking**. Springer Science & Business Media, 1991.

TAVARES, R. *Aprendizagem significativa e o desenvolvimento de habilidades cognitivas*. **Revista Ciências & Ideias**, v. 1, n. 1, p. 55-65, 2010.

TOZO, G. A. B.; SANZOVO, D. T.; LUCAS, L. B. Teoria dos Registros de Representação Semiótica e Diversidade Representacional para o ensino de derivada de uma função: um mapeamento sistematizado de produtos educacionais. **RIDEMA** - Revista de Investigação e Divulgação em Educação Matemática, Juiz de Fora, v. 10, n. 1, p. 1-15, 2026.

TSUI, C; TREAGUST, D. F. Introduction to multiple representations: Their importance in biology and biological education. In D. Treagust & C. Tsui (Eds.), **Multiple representations in biological education**. Dordrecht: Spinger, p. 3-18, 2013.

VINNER, S. The avoidance of visual consideration in Calculus students. **Focus on Learning Problems in Mathematics**, v.2, n. 11, p.149-156, 1989.

WELSING, G. L.; OLIVEIRA, L. E. S. A.; MACHADO, M. A.; MOURA, P. R. G. Subsunçores e formação conceitual no ensino superior: indícios de aprendizagem significativa em Cinética Química. **Química Nova**, v. 48, n. 10, p. 1-7, 2025.