

Diversidade Representacional e Cálculo Diferencial e Integral: uma Revisão Sistemática de Literatura

*Representational Diversity and Differential and Integral Calculus:
a Systematic Review of the Literature*

*Diversidad Representacional y Cálculo Diferencial e Integral: una
Revisión Sistemática de la Literatura*

Dieicon Cristhian da Silva (dieicon24@gmail.com)

UENP – Universidade Estadual do Norte do Paraná - Cornélio Procópio, Brasil
<https://orcid.org/0009-0005-5410-2234>

Daniel Trevisan Sanzovo (dsanzovo@uenp.edu.br)

UENP – Universidade Estadual do Norte do Paraná - Jacarezinho, Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-5177-1564>

Lucken Bueno Lucas (luckenlucas@uenp.edu.br)

UENP – Universidade Estadual do Norte do Paraná, Cornélio Procópio, Brasil
<https://orcid.org/0000-0003-2122-8672>

Simone Luccas (simoneluccas@uenp.edu.br)

UENP – Universidade Estadual do Norte do Paraná, Cornélio Procópio, Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-5435-5478>

Resumo

Este estudo qualitativo de Revisão Sistemática de Literatura teve a finalidade de investigar a produção científica nacional referente às Múltiplas Representações aplicadas ao ensino do Cálculo Diferencial e Integral. A metodologia para o levantamento e análise dos dados inspirou-se na perspectiva dos cinco passos propostos por Kitchenham (2004). Dessa forma, foram pesquisados trabalhos que incluíam os termos “Múltiplas Representações” e “Cálculo Diferencial e Integral”. Para tanto, partiu-se de uma busca de estudos primários na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), do Catálogo de Teses e Dissertações (CAPES), e também, artigos publicados em periódicos classificados nos Qualis A1, A2, A3 (avaliados no quadriênio 2017-2020) da Área de Ensino. Os resultados indicam sobretudo a carência de estudos sobre a temática, visto que a análise resultou em 14 trabalhos. Todos os trabalhos constatados indicam que os pressupostos teórico-metodológico das Múltiplas Representações podem contribuir para o ensino do Cálculo Diferencial e Integral.

Palavras-chave: Revisão Sistemática de Literatura; Múltiplas Representações; Cálculo Diferencial e Integral.

Abstract:

This qualitative systematic literature review aimed to investigate the national scientific production regarding Multiple Representations applied to the teaching of Differential and Integral Calculus. The methodology for data collection and analysis was inspired by the five-step perspective proposed by Kitchenham (2004). Therefore, studies that included the terms "Multiple Representations" and "Differential and Integral Calculus" were searched. This involved searching primary studies in the Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations (BDTD), the Catalog of Theses and Dissertations (CAPES), and also articles published in journals classified in Qualis A1, A2, A3 (evaluated in the four-year period 2017-2020) in the Teaching area. The results indicate, above all, a lack of studies on the subject, since the analysis resulted in 14 works. All the studies reviewed indicate that the theoretical and methodological assumptions of Multiple Representations can contribute to the teaching of Differential and Integral Calculus.

Keywords: Systematic Literature Review; Multiple Representations; Differential and integral calculus.

Resumen

Esta revisión sistemática cualitativa de la literatura tuvo como objetivo investigar la producción científica nacional sobre Representaciones Múltiples aplicadas a la enseñanza del Cálculo Diferencial e Integral. La metodología para la recolección y el análisis de datos se inspiró en la perspectiva de cinco pasos propuesta por Kitchenham (2004). Por lo tanto, se buscaron estudios que incluyeran los términos "Representaciones Múltiples" y "Cálculo Diferencial e Integral". Esto implicó la búsqueda de estudios primarios en la Biblioteca Digital Brasileña de Tesis y Disertaciones (BDTD), el Catálogo de Tesis y Disertaciones (CAPES) y artículos publicados en revistas clasificadas en Qualis A1, A2 y A3 (evaluadas en el cuatrienio 2017-2020) en el área de Enseñanza. Los resultados indican, principalmente, una escasez de estudios sobre el tema, ya que el análisis arrojó 14 trabajos. Todos los estudios revisados indican que los supuestos teóricos y metodológicos de las Representaciones Múltiples pueden contribuir a la enseñanza del Cálculo Diferencial e Integral.

Palabras-clave: Revisión Sistemática de la Literatura; Representaciones Múltiples; Cálculo Diferencial e Integral.

INTRODUÇÃO

Pesquisas na área da Educação Matemática salientam considerações do baixo desempenho em habilidades e competência matemática em discentes brasileiros. Dentre eles, Klein (2006) interpreta os significados dos dados diante dos resultados e motivos da evasão e repetência escolar, destacando que esses índices são reflexos de inúmeros fatores dentro do processo de ensino e aprendizagem, mas salienta o papel da formação docente em seus estudos.

Nesse sentido, estudos de Meyer, De Souza Júnior (2002), Cândido, Barufi e Monteiro (2004), Cury (2009), Nasser (2007; 2009), Bisognin e Bisognin (2011) evidenciam que índices de reprovação se manifestam principalmente nas graduações que oferecem a disciplina de Cálculo Diferencial e Integral (CDI).

Diante disso, cabe situar a discussão no âmbito da formação inicial de professores em Matemática, visto que de acordo com o Conselho Nacional de Educação, Parecer n°. CNE/CES 1.302/2001, além de propor o componente CDI para as Instituições de Ensino Superior (IES), sugere-se que “As IES poderão ainda organizar os seus conteúdos de modo a possibilitar ao licenciado uma formação complementar propiciando uma adequação do núcleo de formação específica a outro campo de saber que o complemente” (Brasil, 2001).

Posto isso, estudos empreendidos por integrantes do Grupo de Pesquisa em Ensino e Formação de Professores (GPEFOP) têm mostrado que o emprego de Múltiplas Representações (MR) no ensino de Ciências Naturais e Matemática pode favorecer a aprendizagem dos alunos, pois tais representações intencionam assimilar e despertar a composição de significados pelos alunos diante do uso coordenado de representações, permitindo a ligação do objeto científico/matemático abstrato ao manipulável, o que poderia ser aplicado ao caso do CDI.

A complexidade de estudos que refletem a Formação Inicial Docente, desde a perspectiva da inclusão (Torres; Mendes, 2018) ou na necessidade de se aprofundar o conhecimento especializado do professor (Santos; Oliveira, 2022), reforça a importância de investigar estratégias de ensinosa aplicadas em componentes cruciais como o CDI. Assim, é plausível considerar que a aplicação das MR pode propiciar aos estudantes de licenciatura em Matemática uma conceitualização mais clara e holística dos conceitos científicos, viabilizando a sua compreensão e comunicação, como proposto por Ainsworth (2006; 2008) para o caso das MR.

Diante desse panorama, o presente estudo apresenta os resultados de uma pesquisa acerca do ensino do componente curricular de CDI com abordagem das MR, a partir de uma revisão sistemática realizada em periódicos da Área de Ensino e trabalhos publicado na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), bem como no Catálogo

de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Assim, o objetivo central deste estudo consistiu em reunir e analisar a produção científica nacional referente às MR aplicadas ao ensino de CDI. A seção seguinte apresenta os referenciais teóricos que balizaram o percurso investigativo, como também, detalhes da metodologia adotada e seus resultados analíticos.

REFERENCIAL TEÓRICO

Aprendizagem de Cálculo Diferencial e Integral dos futuros docentes de Matemática

O componente curricular de CDI diante da aprendizagem dos futuros professores frisa sua relevância para o desenvolvimento da Matemática, sobrepondo habilidades essenciais em sua formação inicial, seja para análise e solução de problemas em outras áreas do conhecimento, seja para a competência da comunicação da linguagem Matemática, ou capacitado os estudantes a compreenderem ou desenvolverem novas tecnologias (Brasil, 1997).

Nasser (2009) salienta que a aprendizagem de CDI é indispensável para a formação do professor de Matemática, pois além de integrar uma compreensão dos conceitos deste componente, mediada por uma formação estruturada e sólida, auxiliando os estudantes a ensinar de forma efetiva e clara os conteúdos da Matemática. Em adição, faz-se necessário que o ensino do CDI não se limite apenas à compreensão conceitual, mas disponha-se da associação com a sua história, sua evolução e suas aplicações, com o intuito de melhorar a formação do professor e, conseqüentemente, do ensino e da aprendizagem (Fiorentini, 2013).

É relevante que os futuros docentes de Matemática entendam e apliquem conceitos de limites, derivadas, integrais e séries de potência em diferentes contextos, tais como a modelagem de problemas de otimização, exploração de problemas reais, utilização de tecnologias educacionais, descrição de fenômenos físicos e solução de equações diferenciais, com o intuito de agregar em sua aprendizagem uma compreensão mais plena das características do CDI.

Entretanto, o ensino do CDI tem gerado desafios e inquietações, visto que muitas vezes se apresenta aos estudantes de modo abstrato e intangível à sua realidade. Como exemplo, Tall (1992) apresenta que muitas das dificuldades a respeito da compreensão dos conceitos de CDI estão ligadas a não assimilação do conceito de limite, um princípio fundamental do Cálculo.

Para tanto, como alternativa para esses fatores, propõe-se um ensino que reconheça e empregue abordagens e tendências metodológica de ensino. Como por exemplo, o uso coordenado de representações de um determinado conceito do CDI, isto é, mediante a articulação entre as diferentes representações (graficamente, tabular, verbal, algébrico, referentes a um determinado conhecimento matemático) proporciona-se aos estudantes um ambiente de elaboração, manipulação e de aperfeiçoar a compreensão da definição do conceito.

A seção seguinte explana a respeito das Múltiplas Representações como uma estratégia para o Ensino de Ciência e Educação Matemática.

Diversidade Representacional no Ensino de Ciência e Educação Matemática

O uso articulado de duas ou mais representações no desenvolvimento de um conceito e/ou tópico integra a base conceitual do referencial de Múltiplas Representações (MR), apresentando-se como relevante à compreensão e à comunicação dos conceitos e ideias científicas (Ainsworth, 1999; 2006; 2008; Tsui; Treagust, 2012).

O termo ‘Múltiplas Representações’ designa a capacidade de se representar um mesmo processo ou conceito científico de distintas maneiras (Prain; Waldrup, 2006; Tytler; Prain; Peterson, 2007; Zompero; Laburú, 2010) e as pesquisas realizadas com esse referencial centram-se na compreensão de como essas possibilidades representacionais afetam a compreensão dos estudantes (Tang; Delgado; Moje, 2014).

No âmbito desse referencial, os conceitos podem ser representados de maneira monomodal (usando-se um único modo, como imagem, por exemplo) ou multimodal (utilizando-se de diversos modos combinados, como por exemplo, imagem em conjunto com verbal textual) (Prain; Waldrup, 2006).

Como tal característica, um ensino baseado nas MR pode propiciar ao aprendiz uma aprendizagem efetiva, pois ao se utilizar das MR o aprendiz poderá atribuir de

significados elaborados acerca dos conceitos científicos abordados, ultrapassando, inclusive, “[...] significados que eram circunscritos ao contexto dos conhecimentos prévios, senso comum, aparente, intuitivo do aprendiz” (Trevisan Sanzovo; Laburú, 2017, p.766).

Ainsworth (1999; 2006; 2008) apresentou uma sistematização composta por três principais funções pedagógicas das representações no contexto de aprendizagem: a primeira diz respeito ao papel de *complementar*, em seguida ao de *restringir* as interpretações e, por fim, ao de *aprofundar* sua compreensão. Não obstante, deve-se salientar que essas funções não são excludentes e nem ocorrem em momentos distintos, mas de forma articulada.

Identifica-se a função de *complementar* quando as MR oferecem diferentes vantagens por apresentarem informações diferentes ou por apoiarem diferentes processos cognitivos, possibilitando ao aprendiz a ter uma visão mais completa e rica do fenômeno e apoia diferentes formas de raciocínio (Ainsworth, 2006). Como exemplo, um gráfico pode facilitar processamento visual, enquanto que uma equação permite a manipulação simbólica formal.

A respeito do papel de *restringir* as interpretações, esta função propicia ao estudante o aprimoramento da sua compreensão diante um determinado conceito, ou seja, o emprego de certa representação, restringe a interpretação, viabilizando um segundo modo de representar. Entretanto, isto pode ser efetuado de duas formas, primeiramente a partir do uso de uma representação familiar com a finalidade de apoiar uma interpretação mais abstrata, ou, utilizando uma representação para restringir a interpretação de uma segunda, quer dizer, uma representação pode implicar na interpretação de outra. Como exemplo desta função, citamos o uso de uma animação concreta para auxiliar o entendimento de um gráfico abstrato (Ainsworth, 2006).

Ademais, as MR são capazes de *aprofundar*, isto é, construir um entendimento mais profundo e integrado), quando o aprendiz utiliza de duas ou mais representações de maneira integrada. Tal aprofundamento pode ser realizado por abstração, extensão ou por entendimento relacional (Ainsworth, 2006). Como exemplo, citamos quando o aprendiz relaciona gráficos de velocidade e espaço para entender mais sobre funções e derivadas (Ainsworth, 2014).

Assim, para o alcance dos objetivos indicados pelo docente, evidencia-se a relevância de considerar as MR como aplicação das diferentes maneiras aliado a relacionar aos processos cognitivos, a fim de incrementar competências para uma aprendizagem efetiva.

A seção seguinte apresenta os procedimentos metodológicos adotados neste estudo para o levantamento da produção científica nacional referente às Múltiplas Representações aplicadas ao ensino do Cálculo Diferencial e Integral.

METODOLOGIA

A pesquisa seguiu a abordagem qualitativa de investigação segundo os pressupostos de Lüdke e André (2012). Como metodologia para o levantamento e análise dos dados, adotou-se a abordagem da Revisão Sistemática de Literatura, que objetiva identificar, avaliar e interpretar estudos publicados a respeito de uma temática específica, conforme um período de tempo estabelecido, com o propósito de responder uma questão de pesquisa particular (Kitchenham, 2004).

O desenvolvimento desta revisão se inspirou nas cinco etapas sugeridas por Kitchenham (2004):

1. *Planejamento da pesquisa*: primeiramente identificou-se a questão de pesquisa, as fontes de busca e os critérios de inclusão e exclusão dos trabalhos. Com a finalidade de alcançar os objetivos da sistematização, bem como a interpretação dos resultados, formulou-se uma questão (QP) central - QP: *O que se tem publicado acerca das Múltiplas Representações para o ensino de Cálculo Diferencial e Integral I em Educação Matemática?*

Posto isso, com o intuito de responder a esse questionamento, realizou-se três buscas em bancos de dados distintos. A primeira, na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), no Sistema *Qualis* Periódicos da Plataforma Sucupira da CAPES, envolveu a seleção de cinco periódicos classificados nos estratos A1, A2, A3 (avaliados no quadriênio 2017-2020) da Área de avaliação “Ensino” e, por fim, no Catálogo de Teses e Dissertações (CAPES).

Na sequência, definiram-se o período de busca e os critérios de inclusão e exclusão dos trabalhos. Adotou-se o período de 1997 a 2022, visto que esse período foi escolhido

para analisar os trabalhos realizados em um intervalo de 25 anos, fornecendo uma visão histórica relevante sobre a temática desde a implementação das diretrizes curriculares para a graduação em 1997. Adicionalmente, esta RSL constitui-se como o estado da arte e base teórica fundamental para a dissertação de mestrado que articula diretamente com a temática. A finalização em 2022 se deve ao fato de o levantamento ter sido realizado em março de 2023, período em que os dados de 2023 ainda eram incipientes e incompletos.

Com relação aos critérios de inclusão, foram estabelecidos para selecionar trabalhos publicados em língua portuguesa, voltados à "Educação Matemática" e que continham as expressões "Múltiplas Representações" e "Cálculo Diferencial e Integral" no título e/ou resumo, publicados entre os anos 1997 a 2022. A escolha destas palavras-chave é estritamente delimitada pela temática central da dissertação que originou este artigo, justificando-se a não inclusão de estudos correlatados que abordam outras perspectivas teóricas de representação ou áreas afins, como a Semiótica, por exemplo.

II. Seleção de estudos primários: nesta etapa partiu-se para a busca dos trabalhos. Na primeira base, a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), foi feita uma busca avançada com os termos, "(Múltiplas Representações e Cálculo Diferencial e Integral)", e acrescentou os filtros: Idioma (português) e Ano de Defesa (1997 a 2022).

Com relação aos periódicos, considerou-se como buscador *Google Acadêmico* (*Google Scholar*), visto que ele dispõe de uma filtragem na aba "pesquisa avançada". Diante disso, incluiu-se os termos "Múltiplas Representações" e "Cálculo Diferencial e Integral", e especificou-se o período, bem como, os periódicos classificados no Sistema Qualis-Periódicos adotado, sublinhando cinco periódicos consideráveis para a pesquisa. Em referência ao Catálogo de Teses e Dissertações (CAPES), inseriu-se as palavras chaves "Múltiplas Representações AND Cálculo Diferencial e Integral".

A seleção dos estudos segundo os critérios de inclusão e exclusão, ocorreu mediante a leitura dos títulos, do resumo e as considerações finais dos trabalhos. Logo, foram selecionados aqueles que apresentavam as expressões de busca, sendo excluídos possíveis duplicações.

III. *Estudo da avaliação da qualidade:* realizado a partir da leitura e análise dos trabalhos encontrados. A qualidade foi avaliada pela aderência aos pressupostos teórico-metodológicos das Múltiplas Representações e sua aplicação no contexto do Cálculo Diferencial e Integral, certificando a pertinência com a questão de pesquisa.

IV. *Extração e monitoramento dos dados:* esta etapa também ocorreu a partir da leitura e investigação dos trabalhos indicados, a fim de certificar sua pertinência na pesquisa. Os dados foram categorizados com base na natureza do trabalho (tese/dissertação/artigo), metodologia (qualitativa/quantitativa/quali-quantitativa), estratégia de ensino e o conceito do CDI abordado.

V. *Síntese dos dados:* análise dos 14 trabalhos definidos como relevantes e pertinentes à pesquisa.

A próxima seção apresenta os resultados e a discussão desta pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento inicial resultou em 70 trabalhos, dos quais somente 14 foram selecionados para análise após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, representando 20% do total. Este número, relativamente baixo para uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) cobrindo 25 anos, indica sobretudo a carência de estudos que articulem as Múltiplas Representações (MR) e o ensino de Cálculo Diferencial e Integral (CDI).

Com relação levantamento de dados junto à Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), foram encontrados 6 trabalhos, dentre os quais, primeiramente, verificaram-se os títulos para então excluir aqueles que não apresentavam os termos. Posteriormente, mediante a leitura do resumo e das considerações finais, observou-se que grande parte dos estudos discorrem ou sobre as múltiplas representações ou sobre o ensino de Cálculo Diferencial e Integral, quer dizer, eles desenvolvem os trabalhos com as temáticas dissociadas.

Dessa maneira, foram incluídos 4 (quatro) trabalhos para análise, devidamente codificados para sua respectiva identificação, adotando-se a letra T (por se referir a trabalho) juntamente com uma numeração sequencial, a fim de distingui-las, conforme exposto a seguir no Quadro 1, que mostra o título do trabalho na primeira coluna, seguido

do autor, natureza do trabalho, programa e código usado na análise nas colunas seguintes, respectivamente.

Quadro 1: Teses e Dissertações (BDTD)

<i>TÍTULO DO TRABALHO DA PESQUISA</i>	<i>AUTOR</i>	<i>NATUREZA (ANO DE DEFESA)</i>	<i>PROGRAMA</i>	<i>CÓDIGO</i>
Cálculo diferencial e integral uma mudança de foco: do algebrismo às representações múltiplas, através de modelagem matemática e ambientes informatizado	Guimarães, Oswaldo Luiz Cobra	Dissertação 2002	Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (UFSC)	T1
Esboço do gráfico de função: um estudo semiótico	Gomes Ferraz, Ademir	Tese 2008	Programa de Pós-Graduação Em Educação (UFPE)	T2
Tecnologias da informação e comunicação, função composta e regra da cadeia	Barbosa, Sandra Malta.	Tese 2009	Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática (UNESP)	T3
Desenvolvendo atividades computacionais na disciplina cálculo diferencial e integral I: estudo de uma proposta de ensino pautada na articulação entre a visualização e a experimentação.	Rocha, Marcos Dias da	Dissertação 2010	Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática (UFOP)	T4

Fonte – autoria própria.

Com relação ao levantamento no Sistema *Qualis* Periódicos, os periódicos selecionados foram: Alexandria (UFSC); BOLEMA: Boletim de Educação Matemática (*Online*); Caderno Brasileiro de Ensino de Física; Ciência & Educação; Educação e Pesquisa; Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (*Online*); Investigações em Ensino de Ciências (*Online*); Jornal Internacional de Estudos Em Educação Matemática;

RENCIMA; Revista Brasileira de Educação; Revista Diálogo Educacional (PUCPR); Revista Eletrônica de Educação; VIDYA (Santa Maria, *Online*).

Obedecidos os critérios de inclusão e exclusão relatados na seção metodológica, sete artigos foram analisados, conforme sintetiza o Quadro 2, que nos mostra o nome do periódico, título do artigo, autoria, volume e número e código, respectivamente, em suas colunas. Para a codificação utilizou-se a letra maiúscula P, aludindo a periódicos, juntamente com a numeração (de 1 a 7).

Quadro 2: Artigos selecionados

<i>Periódico</i>	<i>Título do artigo</i>	<i>Autor(es)</i>	<i>Volume, n.º, Ano</i>	<i>Código</i>
BOLEMA: BOLETIM DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA (ONLINE)	Tecnologias da Informação e Comunicação, Função Composta e Regra da Cadeia	SOARES, Débora da Silva; VILLA- OCHOA, Jhony Alexander	v. 26, n. 42A, 2012.	P1
EDUCAÇÃO MATEMÁTICA PESQUISA (ONLINE)	Análise do desempenho dos alunos em formação continuada sobre a interpretação gráfica das derivadas de uma função	BISOGNIN, Eleni; BISOGNIN, Vanilde.	v.13, n.3, 2011.	P2
EDUCAÇÃO MATEMÁTICA PESQUISA (ONLINE)	Associando pesquisa e intervenção em uma disciplina de introdução ao cálculo: um estudo de caso na UFRJ	LUZ, Valéria Moura da; SANTOS, Ângela Rocha dos.	v.17, n.1, 2015.	P3
ALEXANDRIA (UFSC)	Aplicações para o Ensino de Equações Diferenciais	IGLIORI, Sonia Barbosa Camargo; ALMEIDA, Marcio Vieira de	v. 10, n. 1, 2017.	P4
EDUCAÇÃO MATEMÁTICA EM REVISTA	A construção histórica do conceito de função	BUENO, Rafael Winicius da Silva; VIALI, Lori.	v.1, n. 10, 2009.	P5

DOI: 10.36661/2595-4520.2026v9n1.15119

EDUCAÇÃO MATEMÁTICA EM REVISTA	O método da exaustão e o cálculo de áreas: proposta e uma tarefa com auxílio do GEOGEBRA	TREVISAN, André Luis; GOES, Higgor Henrique Dias.	v. 21, n. 52, 2016.	P6
VIDYA(SANTA MARIA ONLINE)	Como Professores de Matemática Compreendem o Conceito de Limite	BISOGNIN, Eleni; BISOGNIN, Vanilde.	v. 37, n. 2, 2017.	P7

Fonte – autoria própria.

O levantamento junto ao Catálogo de Teses e Dissertações (CAPES) possibilitou a seleção inicial de 122 trabalhos. Filtrando os da Área de Ensino e Ensino de Ciências e Matemática, restaram 19 estudos. Aplicados os critérios de inclusão e exclusão, foram três os trabalhos selecionados para análise, codificados com a letra maiúscula C, e respectiva numeração, sendo eles dispostos no Quadro 3 que nos mostra em colunas, respectivamente, o título do trabalho, a autoria, a natureza e o ano de defesa, programa e código.

Quadro 3: Teses e Dissertações (CAPES)

<i>TÍTULO DO TRABALHO DA PESQUISA</i>	<i>AUTOR</i>	<i>NATUREZA (ANO DE DEFESA)</i>	<i>PROGRAMA</i>	<i>CÓDIGO</i>
O uso do software de simulação <i>Modellus</i> na conceitualização de derivada: experiências de ensino-aprendizagem com base em Vergnaud	Torresan, Daniela de Cássia Moraes.	Dissertação 2008	Programa de Pós-Graduação Ensino de Ciências e Matemática (ULBRA)	C1
Introdução ao Cálculo: uma proposta associando pesquisa e intervenção	Luz, Valéria Moura da	Dissertação 2011	Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática (UFRJ)	C2
As ideias centrais do Teorema Fundamental do	Andersen, Érika	Dissertação 2011	Programa de Pós-Graduação	C3

Cálculo mobilizadas por alunos de Licenciatura em Matemática			em Educação Matemática (PUC/SP)	
--------------------------------------------------------------	--	--	---------------------------------	--

Fonte – autoria própria.

Considerando os três levantamentos realizados, dos 14 trabalhos selecionados, 12 são de cunho qualitativo, havendo apenas dois quali-quantitativos, e a predominância é de dissertações, sendo o trabalho mais antigo encontrado datado de 2002 (conforme evidenciado no Quadro 1). Em termos de fontes, os periódicos qualificados no estrato A2 do Qualis apresentaram um número maior de trabalhos compatíveis com a temática de interesse.

Vale ressaltar que os 14 trabalhos convergem na defesa de que a abordagem das Múltiplas Representações é potencializadora para o ensino e aprendizagem do CDI. No entanto, a análise aprofundada revela padrões e diferenças na forma como essa potencialização é explorada. A maioria dos estudos enfatiza o uso de tecnologias (*GeoGebra*, *Modellus*, TICs) como recurso primordial para viabilizar as Múltiplas Representações, pois o *software* é visto como uma ferramenta que aprimora a visualização e a experimentação, permitindo a formulação e o teste de conjecturas. Por exemplo, em T4 (Rocha, 2010), o *GeoGebra* é explorado para construir conjecturas e promover a convenção de significados, e P6 (Trevisan; Goes, 2016) o utiliza para a prática investigativa.

Além disso, a articulação entre as diferentes representações é um tema central. Trabalhos como T2 (Gomes Ferraz, 2008) e C2 (Luz, 2011) focam na importância da conversão entre os sistemas de representação (gráfica, tabular, algébrica, verbal) como chave para a compreensão aprofundada do conceito, em razão da aprendizagem acontecer na transformação por conversão, proporcionando ao estudante distinguir o representante do representado. Contudo, percebe-se uma limitação nos estudos analisados, embora mencionem que "uma representação complementa a outra", a análise comparativa detalhada das três funções pedagógicas de Ainsworth (*complementar, restringir, aprofundar*) é frequentemente superficial ou apenas implicitamente utilizada.

Outro ponto focal são as implicações para a formação docente, em P2 (Bisognin; Bisognin, 2011) e P7 (Bisognin; Bisognin, 2017) alertam que a exploração das Múltiplas

Representações, com ênfase nas conexões entre aspectos analíticos e gráficos, precisa ser discutida em profundidade nos cursos de formação. P7, em particular, revelou que muitos professores têm dificuldades com o conceito de limite quando apresentado na forma gráfica, ressaltando uma limitação na própria imagem de conceito do docente. Esses resultados sugerem que o problema de desempenho em CDI não reside apenas no aluno, mas também na abordagem metodológica do professor, que, como apontado em T1, muitas vezes foca excessivamente no algebrismo isolado.

Por fim, a Revisão Sistemática de Literatura evidenciou limitações nos próprios estudos analisados. Uma parte significativa dos trabalhos (P4 e P6, por exemplo) se constituiu em propostas de ensino não aplicadas. Porém, grande parte dos estudos são estudos de caso (P1, P3, T2), o que, embora aprofunde a análise do fenômeno, limita a generalização dos resultados para outros contextos. O foco na articulação das Múltiplas Representações é unânime, mas a análise crítica sobre a qualidade e a eficácia dessa articulação em termos de resultados de aprendizagem (quantitativos) é limitada, dada a predominância da abordagem qualitativa.

Especificamente, a lacuna reside na ausência de estudos com delineamento experimental que comparem rigorosamente o desempenho de grupos submetidos à metodologia de MR com grupos de controle, visando medir, por exemplo, a retenção de conceitos ou o índice de sucesso nas disciplinas de CDI. Essa ausência de evidência quantitativa impede uma avaliação conclusiva sobre a capacidade das MR em contribuir para a diminuição dos altos índices de reprovação e evasão dos cursos, que é uma das motivações centrais desta pesquisa.

Portanto, a principal contribuição crítica desta RSL é a de sublinhar a necessidade premente de pesquisas futuras com foco quali-quantitativo ou quantitativo. Tais estudos devem se concentrar na mensuração do impacto, buscando dados que corroborem, com validade estatística e possibilidade de generalização, a efetiva contribuição teórico-metodológica das Múltiplas Representações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Revisão Sistemática de Literatura buscou responder à QP: *O que se tem publicado, no Brasil, acerca das Múltiplas Representações e o Cálculo Diferencial e Integral I em Educação Matemática nos últimos anos?*

Assim, apoiando-se nos pressupostos de Kitchenham (2004) e recorrendo-se à Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), a periódicos indexados no Sistema *Webqualis* da Plataforma Sucupira e ao Catálogo de Teses e Dissertações (CAPES), a fim de levantar estudos que articularam Múltiplas Representações e o ensino de Cálculo Diferencial e Integral, a revisão foi empreendida no intervalo de 1997 a 2022.

A análise dos 14 trabalhos selecionados (de um total de 70) confirma a escassez de estudos nacionais que articulem explicitamente Múltiplas Representações e CDI, apesar da importância crescente do tema.

O consenso da análise é que o uso coordenado e articulado das Múltiplas Representações, frequentemente mediado por tecnologias (TICs e *software*) para potencializar a visualização e a experimentação, trata-se de uma estratégia relevante para o ensino do CDI, contribuindo para a construção de imagens de conceito mais ricas (P3, P4) e para a superação do foco excessivo no algebrismo (T1).

Contudo, a discussão demonstrou a necessidade de maior aprofundamento na análise das funções pedagógicas das MR (Ainsworth, 2008) e de mais estudos que abordem a temática na formação continuada de professores (P2, P7), visto que as dificuldades no conceito de limite persistem mesmo entre os docentes.

Em síntese, a revisão possibilitou realçar as principais abordagens e estratégias de ensino para com a Educação Matemática, em especial sobre o componente curricular Cálculo Diferencial e Integral. Além disso, esta pesquisa pode servir de base para futuros trabalhos na Área de Ensino, principalmente por mostrar aos pesquisadores interessados a demanda de estudos sobre a temática abordada, como forma de produzir novas pesquisas que possam, como discutido na introdução deste artigo, contribuir para a diminuição dos altos índices de reprovação e a evasão dos cursos de Matemática.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- AINSWORTH, S. The functions of multiple representations. **Computers & education**, v. 33, n. 2-3, p. 131-152, 1999.
- AINSWORTH, S. DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. **Learning and instruction**, v. 16, n. 3, p. 183-198, 2006.
- AINSWORTH, S. The educational value of multiple-representations when learning complex scientific concepts. **Visualization: Theory and practice in science education**, p. 191-208, 2008.
- AINSWORTH, S. 20—**The Multiple Representation Principle in Multimedia Learning**. The Cambridge handbook of multimedia learning, v. 464, 2014.
- ANDERSEN, É. **As ideias centrais do Teorema Fundamental do Cálculo mobilizadas por alunos de Licenciatura em Matemática**. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2011.
- BAPTISTA, M.; CONCEICAO, 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.
- BARBOSA, S. M. **Tecnologias da informação e comunicação, função composta e regra da cadeia**. Tese (Doutorado em Educação Matemática). Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2009.
- BISOGNIN, E.; BISOGNIN, V. Análise do desempenho dos alunos em formação continuada sobre a interpretação gráfica das derivadas de uma função. **Educação Matemática Pesquisa Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática**, v. 13, n. 3, p. 509-526, 2011.
- BISOGNIN, E.; BISOGNIN, V. Como professores em formação continuada compreendem o conceito de limite. **VIDYA**, v. 37, n. 2, p. 355-365, 2017.
- BRASIL. **Parecer Conselho Nacional de Educação Câmara de Educação Superior n.º: 1.302/2001**, de 06 de novembro de 2001, 2001. Disponível em: <portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES13022.pdf> Acesso em: 10 jan. 2023
- BRASIL. Conselho Nacional de Educação (CNE). **Parecer CNE/CES nº 776**, de 3 de dezembro de 1997. Orientação para as diretrizes curriculares dos Cursos de Graduação., 1997. Disponível em: <portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/PCNE776_97.pdf> Acesso em: 10 jan. 2023
- CANDIDO, C. C.; BARUFI, M. C. B.; MONTEIRO, M. S. Dificuldades no ensino/aprendizagem de Cálculo. **VII Encontro Paulista de Educação Matemática**, 2004.
- CURY, H. N. Pesquisas em análise de erros no ensino superior: retrospectiva e novos resultados. **Educação matemática no ensino superior: pesquisas e debates. Recife: SBEM**, 2009.
- LUZ, V. M.; SANTOS, Â. R. Associando Pesquisa e Intervenção em uma Disciplina de Introdução ao Cálculo: um Estudo de Caso na UFRJ Associating research and intervention in a discipline of calculus introduction: a case study at UFRJ. **Educação Matemática Pesquisa Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática**, v. 17, n. 1, p. 74-93, 2015.
- SILVA BUENO, R. W.; VIALI, L. A construção histórica do conceito de função. **Educação Matemática em Revista-RS**, v. 1, n. 10, 2009.

- JESUS MASOLA, W.; ALLEVATO, N. S. G. Dificuldades de aprendizagem matemática de alunos ingressantes na educação superior. **Revista Brasileira de Ensino Superior**, v. 2, n. 1, p. 64-74, 2016.
- FIorentini, D. A Investigação em Educação Matemática desde a perspectiva acadêmica e profissional: desafios e possibilidades de aproximação. **Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática**, p. 61-82, 2013.
- GOMES FERRAZ, A. **Esboço do gráfico de função: um estudo semiótico**. Tese (Doutorado em Educação). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.
- GUIMARÃES, O. L. C. **Cálculo diferencial e integral uma mudança de foco: do algebrismo às representações múltiplas, através de atividades de modelagem matemática e ambientes informatizados**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2002.
- IGLIORI, S. B. C.; ALMEIDA, M. V. Aplicações para o ensino de equações diferenciais. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 1, p. 257-270, 2017.
- KITCHENHAM, B. Procedures for performing systematic reviews. **Keele, UK, Keele University**, v. 33, n. 2004, p. 1-26, 2004.
- KLEIN, R. Como está a educação no Brasil? O que fazer?. **Ensaio: avaliação e políticas públicas em educação**, v. 14, p. 139-171, 2006.
- LUDKE, M.; ANDRÉ, M. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. 1986.
- LUZ, V. M. **Introdução ao Cálculo: uma proposta associando pesquisa e intervenção**. Dissertação (Mestrado em Matemática). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.
- MEYER, J. F. D. C. A.; DE SOUZA JÚNIOR, A. J. A utilização do computador no processo de ensinar-aprender Cálculo: a constituição de grupos de ensino com pesquisa no interior da universidade. **Zetetike**, v. 10, n. 1-2, p. 113-148, 2002.
- NASSER, L. Ajudando a superar obstáculos na aprendizagem de cálculo. **ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA (ENEM)**, v. 9, p. 1-14, 2007.
- NASSER, L. Uma pesquisa sobre o desempenho de alunos de cálculo no traçado de gráficos. **Educação matemática no ensino superior: pesquisas e debates. Recife: SBEM**, p. 43-58, 2009.
- PRAIN, V.; WALDRIP, B. An exploratory study of teachers' and students' use of multi-modal representations of concepts in primary science. **International journal of science education**, v. 28, n. 15, p. 1843-1866, 2006.
- ROCHA, M. D. D. **Desenvolvendo atividades computacionais na disciplina cálculo diferencial e integral I: estudo de uma proposta de ensino pautada na articulação entre a visualização e a experimentação**. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação Matemática) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2010.
- SANTOS, P. E.; OLIVEIRA, L. D. Uma revisão sistemática de literatura sobre o uso do conhecimento especializado do professor de matemática na formação inicial docente: uma análise à luz do modelo MTSK. **Revista Insignare Scientia-RIS**, v. 5, n. 5, p. 92-106, 2022.
- SANZOVO, Daniel Trevisan; LABURÚ, Carlos Eduardo. Níveis significantes do significado das estações do ano com o uso de diversidade representacional na formação inicial de professores de ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 745-772, 2017.

- SOARES, D. S.; VILLA-OCHOA, J. A. Tecnologias da Informação e Comunicação, Função Composta e Regra da Cadeia. **Bolema: Boletim de Educação Matemática**, v. 26, n. 42A, p. 381-386, 2012.
- TALL, D. The transition to advanced mathematical thinking: Functions, limits, infinity and proof. **Handbook of research on mathematics teaching and learning**, v. 20, p. 495-511, 1992.
- TANG, K. S.; DELGADO, C.; MOJE, E. B. An integrative framework for the analysis of multiple and multimodal representations for meaning-making in science education. **Science education**, v. 98, n. 2, p. 305-326, 2014.
- TORRESAN, D. C. M. **O uso do software de simulação Modellus na conceitualização de derivada**: experiências de ensino-aprendizagem com base em Vergnaud. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2008.
- TORRES, J. P.; MENDES, E. G. Formação de professores de ciências exatas numa perspectiva inclusiva. **Revista Insignare Scientia-RIS**, v.1, n.3, p. 1-21, 2018.
- TREVISAN, A. L.; GOES, H. H. D. O Método da Exaustão e o Cálculo de Áreas: Proposta e uma Tarefa com Auxílio do Geogebra. **Educação Matemática em Revista**, v. 21, n. 52, p. 79-85, 2016.
- TSUI, C. Y.; TREAGUST, D. F. Introduction to multiple representations: Their importance in biology and biological education. In: **Multiple representations in biological education**. Dordrecht: Springer Netherlands, p. 3-18, 2012.
- TYTLER, R.; PRAIN, V.; PETERSON, S. Representational issues in students learning about evaporation. **Research in Science Education**, v. 37, p. 313-331, 2007.
- ZOMPERO, A. D. F.; LABURÚ, C. E. As relações entre aprendizagem significativa e representações multimodais. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 12, n. 3, p. 31-40, 2010.