

**UMA REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE A PRESENÇA DAS TECNOLOGIAS  
DIGITAIS FRENTE ÀS PROBLEMÁTICAS DO ENSINO E DA  
APRENDIZAGEM DO CÁLCULO NO ENSINO SUPERIOR**

**A SYSTEMATIC REVIEW ON THE PRESENCE OF DIGITAL  
TECHNOLOGIES FACING THE PROBLEM OF TEACHING AND LEARNING  
OF CALCULATION IN HIGHER EDUCATION**

Jonilson Nascimento dos Santos<sup>1</sup>

Lohan Silva Carvalho<sup>2</sup>

Regivan de Souza Silveira<sup>3</sup>

José Milton Lopes Pinheiro<sup>4</sup>

**Resumo:** Nesta pesquisa, realiza-se uma revisão sistemática da literatura, visando compreender como as tecnologias digitais enfrentam às problemáticas do ensino e da aprendizagem de Cálculo. Para tanto, foram estudados textos de revistas da área da Educação Matemática, publicados nos últimos dez anos (2011-2020). Foram destacadas convergências que constituíram núcleos de compreensão: a potencialidade da visualização permitida por *softwares* na formação de conjecturas e na constituição do conhecimento em Cálculo; a modelagem Matemática e a resolução de problemas trabalhados com *softwares* como auxílio ao ensino e à aprendizagem de Cálculo; o trabalho de professores com tecnologias digitais no ensino de Cálculo. Constata-se que o trabalho com Tecnologias Digitais no ensino e na aprendizagem de Cálculo justifica-se especialmente pela potencialidade da visualização e de movimento permitida pelos *softwares*, bem como às ações que efetivam esta potencialidade, apresentando gráficos e figuras em movimento, juntamente como as representações algébricas e operacionais que os constituem.

**Palavras-chave:** Ensino de Cálculo; Tecnologias Digitais; Educação Matemática; Revisão Sistemática de Literatura.

**Abstract:** In this research, a systematic review is carried out, aiming to understand how digital technologies present themselves in the face of the problems of teaching and learning Calculus. For that, texts from journals in the area of Mathematics Education, published in the last ten years, were studied (2011-2020). Convergences were highlighted that constituted nuclei of understanding: the potential of visualization allowed by software in the formation of conjectures and in the constitution of knowledge in Calculus; Mathematical modeling and problem solving worked with software as an aid to teaching and learning Calculus; the work of teachers with digital technologies in teaching Calculus. It appears that the work with Digital Technologies in the teaching and learning of Calculus is justified especially by the

---

<sup>1</sup>Graduando em Licenciatura em Matemática na Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Imperatriz-MA, Brasil. E-mail: jonilsonsanos.20200001640@uemasul.edu.br.

<sup>2</sup>Graduando em Licenciatura em Matemática na Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Imperatriz-MA, Brasil. E-mail: lohancarvalho.20200009077@uemasul.edu.br.

<sup>3</sup>Graduando em Licenciatura em Matemática na Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Imperatriz-MA, Brasil. E-mail: regivansilveira.20200001758@uemasul.edu.br

<sup>4</sup>Doutor em Educação Matemática, professor adjunto da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Imperatriz-MA, Brasil. E-mail: jose.pinheiro@uemasul.edu.br.

potential of visualization and movement allowed by the software, as well as the actions that effect this potentiality, presenting graphics and figures in movement, together with the algebraic and operational representations that constitute them.

**Keywords:** Calculus Teaching; Digital Technologies; Mathematical Education. Systematic literature review.

## 1 Introdução

A Matemática é ciência de entes abstratos, cujo acesso ou aproximação com a realidade sensível se realiza por abstração de relações universais, tal como proposto por Aristóteles, fazendo presente uma definição ou ideia junto a um objeto que a representa. Uma das consequências desse caráter abstrato, nas escolas, é a compreensão por parte dos alunos de que a Matemática é a disciplina mais difícil (OLIVEIRA, 2009). A partir disso, mostra-se relevante trazer novos métodos de ensino e não obstante, novas maneiras de lidar com as dificuldades que envolvem a Matemática.

No âmbito universitário, um tema transversal em cursos de Ciências Exatas é o Cálculo e portanto, é disciplina base para desenvolvimento e aprendizagem dos conteúdos trabalhados em outras. Segundo Amadei (2005, p. 280) “O índice de reprovação nas disciplinas de Cálculo em duas das maiores universidades brasileiras, USP e UFF é de 50%”, uma porcentagem que precisa ser observada, pois, se repete em muitas outras universidades (AMADEI, 2005). Desse percentual, dentre as interpretações possíveis, pode-se pensar na dificuldade dos alunos com a disciplina, que pode ser explicada por vários fatores que se entrelaçam, como a não familiaridade com o rigor da linguagem formal da Matemática universitária, a marginalização dos exemplos visuais, a defasagem dos alunos no que diz respeito à aprendizagem de Matemática, dentre outros (AMADEI, 2005).

Em janeiro de 1986, na conferência de Tulane, realizada nos Estados Unidos, com o evento intitulado *Learn and Lively Calculus*, tem-se um marco inicial do foco didático-pedagógico sobre o ensino e a aprendizagem de Cálculo Diferencial e Integral. A discussão naquele momento era voltada para os métodos de ensino e as dificuldades de aprendizagem de Cálculo. No entanto, já passadas várias décadas, as dificuldades na aprendizagem desse tema ainda persistem e a busca por métodos de ensino do mesmo ainda continua (OLIVEIRA, 2009).

Diante desse contexto, as Tecnologias Digitais (TD) se apresentam como uma possibilidade ao ensino e à aprendizagem, podendo amenizar as dificuldades encontradas em Cálculo, mediante planejamento pedagógico bem estruturado que se aproprie da potencialidade dessas tecnologias.

Entende-se que as TD estão cada dia mais presentes no meio social e em especial no meio acadêmico. Com essa compreensão, e movidos pela perplexidade da dificuldade tanto de se ensinar quanto de se aprender Cálculo, quer-se neste artigo entender e explicitar como se realiza essa presença. Portanto, a interrogação que move esta pesquisa pode ser assim escrita: como as tecnologias digitais se fazem presentes frente às problemáticas do ensino e da aprendizagem de Cálculo?

Visando compreender a pergunta acima posta, realiza-se uma pesquisa qualitativa, de Revisão Sistemática (SAMPAIO; MANCINI, 2007), buscando pelo que dizem pesquisadores da área de Educação Matemática sobre a temática, e analisando as abordagens por eles trabalhadas no ensino de Cálculo. Entende-se que uma síntese compreensiva sobre como se realizam essas diferentes abordagens e suas implicações é um modo de expressar a presença questionada na pergunta norteadora.

## **2 A sociedade, as tecnologias digitais e o ensino de Matemática**

Desde que o computador foi criado em 1945, nos Estados Unidos da América e na Inglaterra, as suas inovações e reformulações não param de ser ampliadas a partir das solicitações e criações humanas. Tais inovações e reformulações podem ser encontradas nas relações entre sujeitos e tecnologias, seja via formas de comunicação proporcionadas pelas redes sociais, seja na atualização de modelos educacionais que foram surgindo com o passar dos tempos em escolas e universidades. Diante disso, podemos afirmar que não é possível mais ignorar o impacto dessas tecnologias à vida em sociedade (GABRIEL, 2013).

A popularização das TD e dos espaços cibernéticos, como os de jogos e de interações sociais, reinventa as experiências na sociedade, proporcionando novos meios de comunicações e interação entre os indivíduos. Com isso, “elas deixam de ser exclusivas do computador *desktop* e passam a ocupar outros espaços, como ruas, praças, bancos, restaurantes, etc. Passam a contribuir, portanto, para a organização do cotidiano da vida urbana” (ARAÚJO; VILAÇA, 2016, p. 17).

Com isso, faz-se relevante analisar como essas tecnologias estão moldando as relações entre a sociedade e os que nela habitam. A cidade contemporânea, constituída por TD, vem experimentando, bem como propondo vivências para além da fisicalidade do face à face. As redes sociais digitais possibilitam que os indivíduos interajam com outros usuários da rede, que leiam notícias, opinem, reivindicuem, produzam o seu próprio conteúdo, divulguem informações e até mesmo se mobilizem de forma coletiva. São novas maneiras de compartilhar, usufruir e fazer parte da sociedade em que vivem.

Tais configurações das relações humanas afetam segmentos da sociedade, tal como o contexto escolar (GIDDENS, 2012; GABRIEL, 2013). O contexto atual, marcado pela Pandemia de COVID-19, expõe com mais clareza esta afetação, pois as TD se mostram como recurso necessário para viabilizar qualquer proposta de ensino. Para tanto, são utilizadas plataformas virtuais como o *Google Meet*, *Moodle* e o *Classroom*.

Alguns estados brasileiros adotaram a modalidade de aula via rádio e televisão. No Ensino Superior, tornou-se frequente a participação em eventos como *webinars*, palestras, conferências, que, dada a especificidade da situação, foram realizados em modalidade totalmente *online*, o que aumentou o índice de participação, não necessariamente implicando na ampliação da acessibilidade, tendo em vista que muitos não puderam participar por falta de dispositivos e de *internet* de qualidade.

Os desenvolvimentos com TD que na situação pandêmica se fazem necessários, não caracterizam uma novidade, são conhecidos especialmente em iniciativas já presentes na tão disseminada Educação a Distância (EAD), especialmente na formação ao nível superior. No entanto, o contexto atual envolve todo o sistema de ensino, demandando maior engajamento da união e dos demais entes federativos, bem como da classe escolar.

Os processos de ensino e aprendizagem aplicados no ensino remoto, além de fundamentais para a continuidade do ensino e da educação em tempos de pandemia, dizem respeito ao futuro, promovendo discussões sobre a educação pós-pandemia, que solicita investimento para a democratização das TD e da *internet*. Tal investimento é importante para que o avanço tecnológico seja um meio da democratização, e não um elemento a mais na reafirmação da desigualdade social, restringindo-se apenas à educação daqueles que têm os aportes tecnológicos e de qualidade para aderir às modalidades de ensino que possam vir a se afirmar, agregando mais atividades online ao sistema de ensino presencial.

O vislumbre do cenário pós-pandemia configura mais uma oportunidade para se pensar o ensino de Matemática, mediante observações e estudos da modalidade de ensino

que agora se impõe, que tem na visualidade sua principal característica, e ela expressa em interfaces computacionais. É uma oportunidade para se pensar, também, o ensino de Cálculo, estudando os modos pelos quais foi realizado no contexto pandêmico, as implicações das propostas que não se desprenderam da usual prática da resolução de exercícios, mesmo que em lousa digital, e as implicações das propostas que se apoiaram nas TD para ampliar a participação e o aprendizado dos alunos. Neste estudo quer-se estudar e descrever propostas metodológicas para o ensino de Cálculo com TD, explicitando se elas propõem e se efetivam as ampliações acima posta.

### **3 O ensino e a aprendizagem de Cálculo: um panorama histórico**

Para tecer compreensões sobre a aprendizagem de Cálculo é importante lançar olhar ao seu próprio movimento de constituição. Sobre isso, Picone (2007, p. 23) afirma que “Newton e Leibniz (século XVII) desempenharam um papel decisivo na construção do Cálculo com os seus trabalhos independentes um do outro”. Apesar de a invenção do Cálculo ser por muitos, creditada a Newton e Leibniz, tem-se de se enfatizar haver um movimento longo de constituição, desde a antiguidade, com contribuições de outros matemáticos, até mesmo contemporâneos de Newton e Leibniz, para que se chegasse ao Cálculo tal como conhecemos. Por exemplo, “Quando Descartes e Pierre de Fermat introduziram as coordenadas cartesianas, tornou-se possível a transformação de problemas geométricos em problemas algébricos” (TORRES; GIRAFFA, 2009, p. 20) o que facilitou a visualização de funções definidas por variáveis e contribuiu às primeiras estruturas do Cálculo.

Os problemas envolvendo o traçar uma reta tangente a uma curva ou calcular a área de figuras planas já eram bastante conhecidos antes de Newton e Leibniz, mas o diferencial que eles trouxeram é o que conhecemos como Teorema Fundamental do Cálculo (TFC), enfatiza a relação inversa entre a derivada e a integral. Além disso, conforme enfatiza Baron (1985, p. 5): “Newton estendeu e unificou vários processos de cálculo e Leibniz ligou-os por uma notação eficaz e de um novo cálculo operacional”.

No âmbito da história da Matemática algo que se destaca é a escrita, e como ela contribuiu para a evolução dessa área. Os próprios algarismos que usamos hoje representam uma grande evolução se comparados a outros já utilizados. Praticamente toda a Matemática é representacional, e nela há diferentes formas de se descrever os mesmos

problemas desenvolvidos ao longo dos anos: geométricos, analíticos, etc. O Cálculo traz em sua constituição uma junção desses problemas, articulando Geometria e Álgebra, ampliando a complexidade de seu estudo, bem como de seu ensino.

No que diz respeito ao ensino de Cálculo no Brasil, em 1811, o Cálculo Diferencial e Integral já fazia parte do currículo da Academia Real Militar II. Logo após a Instauração da República em 1889, houve reformas no ensino e, em 1890, segundo Torres e Giraffa (2009, p. 23), “O primeiro-ministro Benjamin Constant baixou um decreto, sob o número 891, daquele mesmo ano, em que determinava uma reforma com a eliminação das disciplinas tradicionais, como o latim e o grego, e a inclusão do ensino de Matemática abstrata bem como da Matemática concreta” e o estudo do Cálculo Diferencial e Integral no terceiro ano, o que se consagrou como a última reforma significativa até os anos de 1920 a 1930.

As mudanças que a sociedade sofreu nas décadas de 1930 e 1940 provocaram um impacto suficiente para que as instituições percebessem a necessidade de cursos para formação específica no âmbito do ensino secundário e na pesquisa, onde se evidenciava o modelo de ensino “3 + 1”, onde os três primeiros anos eram destinados a disciplinas específicas, e o concluinte teria o grau de bacharel, com a opção de cursar mais um ano de matérias pedagógicas para ser licenciado. Nesse contexto o Ensino Superior de Matemática deu-se prioritariamente nas faculdades de Filosofia. Os conteúdos relacionados à disciplina de Cálculo eram em sua maioria encontrados na disciplina chamada Análise Matemática, que contemplava quase ou os mesmos conteúdos ementados para a disciplina na atualidade (OLIVEIRA, 2009).

Já em 1968, com a Lei das Reformas Universitárias nº 5540, foram criados os departamentos nas universidades. Oliveira (2009, p. 42) afirma que “Os cursos de licenciaturas em Matemática foram instituídos a partir de então, perdendo sua vinculação com as faculdades de Filosofia, o que permitiria que as ciências exatas ganhassem autonomia em instituições universitárias próprias”.

Entende-se que, embora a sociedade atual seja amplamente distinta da sociedade da década de 1960, especialmente pelo avanço das tecnologias digitais, o ensino de Cálculo, em muitos casos se realiza por metodologias comuns àquela época, com grande ênfase à realização de exercícios, focando as operações algébricas. No entanto, há de se destacar as recomendações das diretrizes curriculares de ressignificação dessa prática, visando dinamizar o ensino da disciplina, trazendo novas abordagens, tais como as que se valem de TD, tornando mais visuais e interativas as operações e suas implicações.

Compreender e explicitar as diferentes abordagens no ensino e na aprendizagem de Cálculo com auxílio das TD é o objetivo deste estudo.

#### 4 Metodologia e procedimentos de pesquisa

Aqui, buscamos compreender e analisar as metodologias utilizadas no ensino de Cálculo no que tange a utilização das TD a partir de pesquisas já publicadas por pesquisadores da área da Educação Matemática. Para tanto, realiza-se uma pesquisa qualitativa, na modalidade revisão sistemática, que segundo Lima *et al.* (2021) tem como fonte de dados a literatura que versa sobre o tema ao qual se busca compreender ou explicitar. Nela, lança-se mão de técnicas bem definidas, visando selecionar um *corpus* de estudo com o qual se possa tecer compreensões sobre uma pergunta de pesquisa. Tal abordagem possibilita “resultados conflitantes e/ou coincidentes, bem como identificar temas que necessitam de evidência, auxiliando na orientação para investigações futuras” (SAMPAIO; MANCINI, 2007, p. 84).

Sobre o processo da revisão sistemática, Galvão *et al.* (2004) apontam sete fases, sendo elas: (a) construção do protocolo, (b) definição da pergunta, (c) busca, (d) seleção dos estudos, (e) avaliação crítica, (f) coleta e (g) síntese dos dados.

Esta pesquisa se deu sob orientação dessas etapas, tal como se registra a seguir:

(a) Construção do protocolo: previamente relacionamos as etapas e as práticas necessárias à revisão. Foi momento de planejar a pesquisa, tendo como norte o tema focado, descrevendo os critérios de inclusão e exclusão, palavras-chave de pesquisa, fonte de dados, metodologia e procedimentos de coleta, análise e síntese compreensiva.

(b) Definição da pergunta: na revisão sistemática a pergunta de pesquisa é solo para todas as realizações da investigação. Com essa compreensão, articulamos a pergunta: como as tecnologias digitais se fazem presentes frente às problemáticas do ensino e da aprendizagem de Cálculo?

(c) Busca pelos estudos: foram selecionadas dez revistas da área da Educação Matemática, sob critério da classificação Qualis-CAPES. Definimos que a busca se daria no âmbito de revistas sediadas no Brasil, de publicação *online*, cujo Qualis seja A1 ou A2. A busca se deu na Plataforma Sucupira, selecionando o quadriênio 2013 – 2016, a área de avaliação Ensino (área de avaliação a qual está inserida a Educação Matemática na classificação dos periódicos realizada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), e a classificação A1 para a primeira busca, e A2, para a segunda busca, visando completar o número almejado de dez revistas. Das revistas que a busca nos legou, fomos selecionando, na sequência, aquelas que são da área da Educação Matemática, tendo em vista que são

muitas as que não pertencem a esta área, mas que estão inseridas na área de avaliação Ensino. Deste modo, as revistas selecionadas foram: Acta Scientiae - ULBRA; Alexandria, Amazônia – Revista de Educação em Ciências e Matemática (Amaz RECM); Boletim de Educação Matemática (BOLEMA); Educação Matemática em Revista (EMR-SP); Educação Matemática Pesquisa (EMP); Jornal Internacional de Estudos em Educação Matemática (JIEEM); Revista de Educação, Ciências e Matemática (RCEM); Revista Eletrônica de Educação Matemática (REVEMAT); Zetetikè.

(d) Seleção dos estudos: aplicamos parâmetros de inclusão e de exclusão: definimos o espaço temporal de dez anos (2011-2020), que abarca a busca por publicações nestas revistas, com a temática Ensino de Cálculo. Inicialmente as produções foram buscadas via ferramenta de pesquisa de cada revista, inserindo a palavra-chave Cálculo. Em seguida, uma vez realizada a leitura dos resumos dos artigos resultantes, foi aplicado outro filtro, descartando aqueles artigos que não eram voltados ao ensino de Cálculo. Foi lançado mais um olhar, desta vez à proposta de trabalho com atividades em campo de pesquisa, a partir do qual separamos para análise os artigos cuja metodologia de realização de atividades ocorreu com a utilização de TD.

(e) Avaliação crítica dos estudos: para a análise aqui proposta, foram considerados todos os textos encontrados na busca, e eles em suas totalidades, porém com olhar de destaque aos seus tópicos de metodologia, de descrição e análise dos dados e de considerações sobre o estudo realizado. Entende-se que nesses tópicos se tem a pesquisa em ato, abarcando pesquisador e sujeitos de pesquisa frente a atividades de ensino e de aprendizagem. Portanto, esses tópicos têm maior convergência ao que aqui se busca compreender. A análise realizada junto aos textos selecionados compreende-se como descritiva-interpretativa, que consiste em primeiro momento descrever, seguindo “para articulações de sentidos manifestos, caminhando-se em direção a convergências/divergências e explicitação das compreensões que vão se constituindo” (BICUDO, 2011, p. 20).

(f) Coleta dos dados: como explicitado, realizamos a busca dos artigos nas revistas valendo-nos da palavra-chave Cálculo. Inicialmente tal busca nos apresentou cento e noventa e sete (197) trabalhos. Adentrando cada um deles, pudemos destacar aqueles que se referiam ao Cálculo como uma disciplina do curso de Matemática, como: Cálculo Diferencial, Cálculo Integral, Cálculo Numérico, Cálculo de Várias Variáveis, Cálculo Variacional. Os que não faziam essa referência, não foram considerados na análise. Por exemplo, não foram considerados aqueles relacionados ao cálculo mental, cálculo estatístico e cálculos com as operações básicas. Ao separar os textos referentes às disciplinas de Cálculo, restaram cinquenta (50) textos, dentre os quais constavam alguns com olhar à história do Cálculo bem como a estratégia de ensino de Cálculo pautadas em metodologias que não se tratam das que aqui buscamos estudar. Retirando também esses textos, restaram para análise dezenove (19) artigos, que versam sobre a temática desta pesquisa, qual seja: ensino e a aprendizagem de Cálculo com TD.

(g) Síntese dos dados: realiza-se um movimento de pesquisa buscando por convergências entre individualidades expressas em cada texto, de modo a constituir ideias abrangentes a partir das quais pudéssemos tecer compreensões sobre a pergunta de pesquisa. As individualidades, chamamos de **sentidos que se mostram**, cujas convergências nos legaram três ideias, nomeadas como **Núcleos de Compreensão (NC)**, compreendidas como grupos abrangentes, que o movimento de investigação vai mostrando ao investigador, evidenciando sentidos, significados, seus entrelaçamentos e confluências. O movimento de convergências expõe que compreensões sobre a pergunta não são prévias à análise; os NC são aqueles que se

fizeram possíveis mediante ato investigativo, tendo este como norte a pergunta de pesquisa. Com isso, entendemos que, dado o rigor da análise, uma síntese compreensiva sobre cada um dos NC é um modo pelo qual podemos apresentar ao leitor as compreensões do estudo.

## 5 Descrição e análise dos dados

Autor (es)	Ano	Título	Revista
Marin, D.; Penteado, M.	2011	Texto 1: Professores que utilizam tecnologia de informação e comunicação para ensinar Cálculo	EMP
Vecchia, R.; Kaiber, C.	2012	Texto 2: Cálculo numérico e calculadoras gráficas: construindo conceitos relacionados ao Polinômio Interpolador de Lagrange	Acta Scientiae
Javaroni, S.; Soares, D.	2012	Texto 3: Modelagem Matemática e Análise de Modelos Matemáticos na Educação Matemática	Acta Scientiae
Douglas, M.	2012	Texto 4: Professores universitários que usam a tecnologia de informação e comunicação no ensino de matemática: quem são eles?	REVEMAT
Reis, J. <i>et al.</i>	2013	Texto 5: A criação de um objeto de aprendizagem para resolver problemas de fenômenos físicos com taxas relacionadas	EMP
Gonçalves, D.; Reis, F.	2013	Texto 6: Atividades Investigativas de Aplicações das Derivadas Utilizando o GeoGebra	BOLEMA
Rosa, M.; Pazuch, V.	2014	Texto 7: Contribuições ao Design Instrucional e à Cyberformação por meio do Feedback de Estudantes sobre HQs Matemáticas Interativas	Acta Scientiae
Luz, V.; Santos, Â.	2015	Texto 8: Associando pesquisa e intervenção em uma disciplina de Introdução ao Cálculo: um estudo de caso na UFRJ	EMP
Trevisan, A.; Goes, H.	2016	Texto 9: O Método da Exaustão e o Cálculo de Áreas: Proposta e uma Tarefa com Auxílio do Geogebra	EMR-SP
Parada, S. <i>et al.</i>	2016	Texto 10: Mediación Digital e Interdisciplinariedad: una Aproximación al Estudio de la Variación	BOLEMA
Igliori, S.; Almeira, M.	2017	Texto 11: Aplicações para o Ensino de Equações Diferenciais	Alexandria
Trevisan, E.	2017	Texto 12: Sólidos de Revolução e o Teorema de Pappus-Guldin: uma Experiência em uma Turma de Cálculo de Várias Variáveis	EMR-SP
Alves, F. <i>et al.</i>	2018	Texto 13: Sobre o Ensino de Integrais Generalizadas (IG): um Contributo da Engenharia Didática	JIEEM
Rosa, M.; Caldeira, J.	2018	Texto 14: Conexões Matemáticas entre Professores em Cyberformação <i>Mobile</i> : como se mostram?	BOLEMA
Ferreira, J.; Orestes Filho	2018	Texto 15: Visualização e Imagem de Conceito no Caso da Integral de Linha	RCEM
Mondini, F. <i>et al.</i>	2018	Texto 16: O Ensino de Cálculo Diferencial e Integral I: Possibilidades de Investigação	EMR-SP
Ody, M.; Viali, L.	2019	Texto 17: O papel da planilha na mudança de registros em uma atividade de Cálculo Numérico	EMP
Ingar, K.; Silva, M.	2019	Texto 18: Estudio de la derivada parcial por medio de las aprehensiones en el registro gráfico de funciones de dos variables con estudiantes de ingeniería	EMP
Saadi, A. <i>et al.</i>	2020	Texto 19: Uma Prática Pedagógica no Ensino de Funções Utilizando o Geogebra em um Curso de Pré-Cálculo Híbrido	REVEMAT

**Quadro 1:** Relação de artigos analisados

**Fonte:** Autores (2021).

Para que os leitores possam vislumbrar o dito nos artigos, na impossibilidade de trazer todos, apresentamos a seguir uma síntese de quatro deles, escolhidos entre os dezenove encontrados, sob critério de seleção que prioriza métodos de trabalho distintos no que diz respeito aos desenvolvimentos em campo de pesquisa com TD.

No Texto 8, Luz e Santos (2015), tendo como base os registros de reprovação na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral, desenvolveram o artigo: Associando pesquisa e intervenção em uma disciplina de Introdução ao Cálculo (IC): um estudo de caso na UFRJ. O referido artigo objetiva investigar uma proposta de intervenção em uma disciplina de IC, que aconteceu concomitantemente às aulas tradicionais de Cálculo I, em um curso de graduação da UFRJ. Em campo de pesquisa, foi posta uma atividade para resolução em uma turma com 32 alunos, divididos em 8 grupos. Essa atividade foi resolvida em dois momentos: resolução do problema sem o auxílio do computador e resolução do problema com o auxílio do computador utilizando um roteiro didático baseado no *software mathlets*. Por fim os autores puderam concluir que a resolução do problema com o auxílio computacional e um roteiro didático baseado em *mathlets* pode proporcionar um maior engajamento e enriquecimento dos conceitos de Cálculo.

Já no Texto 12, intitulado: Sólidos de Revolução e o Teorema de Pappus-Guldin: uma experiência em uma turma de Cálculo de Várias Variáveis, de Trevisan (2017), é apresentado um experimento buscando uma aproximação do cotidiano com alguns conteúdos da Matemática e da Física em uma turma de Licenciatura em Ciências Naturais e Matemática, na disciplina Cálculo de Várias Variáveis, para validar o teorema de Pappus-Guldin com a utilização de *softwares* matemáticos para calcular a área e volume de sólidos de revolução. Para tanto, foi entregue um roteiro para os alunos, dividido em uma parte experimental e outra computacional. Na parte experimental eles teriam de encontrar objetos do cotidiano que representassem sólidos de revolução, e aplicar o teorema de Pappus-Guldin para calcular o volume e a área desses objetos. Na parte computacional, com o auxílio dos professores trabalhou-se com os *softwares Maxima* e *Winplot*, valendo-se da integração para calcular a área dos mesmos objetos. Apesar de uma diferença pequena nos resultados obtidos, o que segundo os alunos pode ter sido acarretado pelos materiais utilizados, que não têm uma correlação tão precisa se comparados com os sólidos “ideais” da Geometria, não houve prejuízo na validação do teorema de Pappus-Guldin. O autor destaca em suas conclusões a contribuição da atividade realizada no que diz respeito a possibilitar uma aproximação entre os elementos teóricos discutidos com elementos cotidianos.

No Texto 15: Visualização e Imagem de Conceito no Caso da Integral de Linha, de Ferreira e Filho (2018) é estudada a visualização de conceito no caso da Integral de Linha, com uma turma de Física, matriculados na disciplina de Cálculo III, com a utilização do *software Mapple*. Interrogando como a visualização afeta as imagens de conceito referentes a integral de linha de campos vetoriais, inicialmente, os autores buscaram entender o conceito que os sujeitos de pesquisa tinham com relação ao tema integral de linha de campos vetoriais, para em seguida apresentar questões com o intuito de observar que contribuições a visualização daria. Desse modo, foram apresentados problemas que envolviam o tema, escritos e plotados graficamente no *Mapple*. Em seguida, analisando as respostas dadas pelos alunos, foi evidenciado que a visualização os guiou para as repostas corretas. Ainda, foi destacado que os alunos utilizaram mais conceitos físicos do que o conceito formal da integral de linha, o que segundo os autores pode estar relacionado ao fato de o trabalho se realizar numa turma de Física. Apesar disso, os autores enfatizam que a visualização gráfica no *software* ajudou na compreensão do conceito estudado, citando momentos nos quais apenas observando graficamente os alunos puderam dizer o sinal que a integral apresentaria. Concluíram enfatizando a importância da utilização de diferentes abordagens conceituais, utilizando *softwares*.

A pesquisa realizada por Mondini *et al.* (2018), expressa no Texto 16, com o título: O Ensino de Cálculo Diferencial e Integral I: possibilidades de investigação, trata de analisar formas que facilitam o entendimento do aluno através da utilização do *software GeoGebra*. A pesquisa objetivou entender a formação do saber matemático por meio da relação entre a Matemática e uso das tecnologias digitais na construção do conhecimento. No desenvolvimento de atividades propostas, pode-se observar que os alunos iniciaram suas análises com compreensões de senso comum sobre a derivada e a função apresentada, atribuindo características como crescente ou decrescente, por exemplo, após observação do que aparentava a deriva da função na interface gráfica do *software*. Nesse sentido, o *software* evidenciou uma maior possibilidade de análise e investigação por parte dos alunos, levando-os a um melhor entendimento do comportamento da função e do seu respectivo gráfico, saindo do senso comum, conforme apontam as autoras. Assim, o uso do *software* possibilitou um maior envolvimento dos alunos com o conteúdo trabalhado ao manipularem as funções e observarem os correlatos de tais manipulações se materializando na interface do *software*. A possibilidade de visualização das atualizações junto ao *software* instigaram o debate e discussões a respeito do que foi trabalhado em campo. Assim, o artigo evidenciou a importância dessa interação, a qual

levou os alunos entenderem, criar hipóteses, dialogar, refutar e analisar os gráficos apresentados ao passo que o *software* possibilitava maior poder investigativo, levando-os à compreensão dos conceitos estudados.

As sínteses acima trazidas indicam modos pelos quais o Cálculo é desenvolvido em práticas de ensino com TD. No entanto, a análise sistemática e o estudo descritivo-interpretativo aqui proposto solicita um olhar a todos os textos encontrados. Sendo assim, voltamo-nos inicialmente às individualidades das indagações expressas nos dezenove textos, para em seguida, olhar para o conjunto das mesmas, buscando invariantes que converjam constituindo ideias mais gerais que dizem das diferentes abordagens. A percepção das convergências se realiza no processo de ir e vir aos dados da pesquisa, aos relatos, sempre tendo como presente, como fundo, a questão norteadora (BICUDO, 2011).

O movimento de transição das individualidades dos textos às compreensões mais gerais nos legou alguns sentidos, que nomeamos **sentidos que se mostram** que, interrogados sobre o que dizem, convergiram entre si, o que nos permitiu articular o denominado **Núcleos de Compreensão (NC)**. Foram constituídos três NC. O Quadro 2 expõe a constituição desses núcleos.

Sentidos que se mostram	Núcleos de Compreensão
Trabalho com <i>softwares</i> visando a constituição de conhecimentos em Cálculo	NC1 – A potencialidade da Visualização permitida por softwares na formação de conjecturas e na constituição do conhecimento em Cálculo
A relevância da visualização no processo de aprender	
Auxílio tecnológico no estudo da disciplina de Cálculo proporciona melhor visualização	
O trabalho com <i>softwares</i> como complemento às práticas usuais de sala de aula	
Trabalho com modelos matemáticos associados a <i>softwares</i>	NC2 – A Modelagem Matemática e a Resolução de Problemas trabalhadas com softwares como auxílio ao ensino e à aprendizagem de Cálculo
Aproximação entre o ensino e a realidade do aluno	
Modelos matemáticos como instrumento didático	
Construção de modelos educativos para ensino de Cálculo	
A utilização de tecnologias digitais na Resolução de Problemas	
Conceito pedagógico interativo e virtual, com implicações na prática e na compreensão de conhecimentos em Cálculo	NC3 – O trabalho de professores com tecnologias digitais no ensino de Cálculo.
Elo que liga o aluno ao ensino de Cálculo com as tecnologias digitais	
A necessidade de maior efetivação dos discursos já solidificados sobre formação tecnológica, levando as TD aos currículos de formação	

**Quadro 2:** Movimento de constituição dos Núcleos de Compreensão

**Fonte:** Autores (2021).

O Quadro 2 expõe que os dados com os quais podemos tecer compreensões sobre o investigado se mostram junto ao movimento de pesquisa; os Sentidos e os NC não são

prévios ao estudo, eles se doam ao pesquisador que intencionalmente se põe em ato de interrogar, e se interroga, se posiciona como alguém que busca conhecer. Isso caracteriza o rigor metodológico da pesquisa, que nos permite afirmar que uma síntese compreensiva sobre cada um dos NC é um modo de tecer compreensões sobre o que aqui se interroga: como as tecnologias digitais se fazem presentes frente às problemáticas do ensino e da aprendizagem de Cálculo?

Iniciamos as discussões pelo Núcleo de Compreensão 1. Nele, trazemos os sentidos que se mostram, em negrito.

**NC1** – a potencialidade da visualização permitida por softwares na formação de conjecturas e na constituição do conhecimento em Cálculo

A disciplina de Cálculo é uma das que mais acumulam reprovações de alunos nos cursos de exatas. De modo geral, os discursos dos professores universitários justificam essa ocorrência pela defasagem do ensino nos níveis fundamental e médio (REIS, 2001). Diante desse contexto, muitas pesquisas, como de Marin e Penteado (2011) e Saadi *et al.* (2020), ressaltam a importância de se alinhar o ensino ao **trabalho com tecnologias digitais visando a constituição de conhecimento em Cálculo**. Isso porque, o auxílio de um computador munido de um *software* adequado potencializa a visualização dos conceitos pelos alunos, estimulando nos mesmos, a capacidade de explorar, conjecturar, refutar, concluir e demonstrar. Segundo Borba e Villarreal (2005), “a abordagem visual de um conceito ou objeto, em Matemática ou em qualquer outra área do conhecimento, pode ser considerada hoje, como um dos elementos que caracterizam novos estilos de construção do conhecimento”.

Trevisan e Goes (2016), por exemplo, afirmam que os ambientes de Geometria Dinâmica (GD), ou outros ambientes com funcionalidade similar, constituem verdadeiros laboratórios digitais nos quais os estudantes podem investigar e aprender Matemática, construindo e manipulando essas construções, sejam elas gráficas ou algébricas. Uma construção realizada em GD fixa as propriedades da figura de modo que um movimento realizado provoca nela mudanças, mas, ao mesmo tempo, um grupo de invariantes predefinidos na construção se preserva. Da mesma forma pode-se construir gráficos em harmonia com as propriedades algébricas que os constituem, o que contribui ao trabalho com conteúdos de Cálculo.

Com isso, enfatiza-se neste texto que o estudo de temas em Cálculo, como Derivadas e Integrais, abarcando o Cálculo de áreas e o volume de sólidos, pode focar os

invariantes, às características que se preservam, sendo correlatos à atualização da possibilidade de movimento projetada em ambientes de GD. Frisa-se que o invariante se mostra com um fundo dinâmico, que em sua própria desconfiguração vai produzindo e mostrando o que não varia. Entende-se, aqui, que esse dinamismo não se caracteriza apenas pelas possibilidades tecnológicas do *software*, mas especialmente pela intencionalidade de um sujeito de voltar-se a ele, pondo-se em ação, em atos de mover-se/movendo, e enquanto se configura em movimento faz o que é potencialmente dinâmico (o *software*) vir a ser dinâmico (PINHEIRO, 2018).

Sob essa ótica, a inserção das TD no ensino de Cálculo, por meio do trabalho com *softwares* adequados e de fácil manuseio, como o Geogebra, calculadoras HP 50g, HQs interativas, se faz relevante. Eles têm como principal característica a visualidade, muitas vezes projetada para ser dinâmica (aberta à realização de movimentos). Sobre isso, os estudos aqui analisados, como os de Ferreira e Orestes Filho (2018), Rosa e Pazuck (2014) e Ingar e Silva (2019), destacam **a relevância da visualização ao processo de aprender**, justificando também relevância do trabalho com essas tecnologias. Elas contribuem à elaboração de conjecturas, mediante visualização de movimentos, operações e suas implicações que se manifestam na interface computacional. Nesse processo essas conjecturas podem ser refutadas, testadas, interpretadas, reinterpretadas e, finalmente demonstradas, quando estiverem corretas. Assim, a possibilidade de uma integração das representações gráficas, algébricas e numéricas com a oralidade e a escrita configuram uma dinâmica que prioriza os alunos como agentes de seu conhecimento, que se envolvem nos processos investigativos, e que desenvolvem suas argumentações frente às implicações de suas ações junto às TD.

Assim, pode-se dizer do potencial das TD, especialmente dos *softwares* gráficos, para os estudos na disciplina de Cálculo, **por proporcionarem melhor visualização de conceitos sob diferentes perspectivas de visada**, como, por exemplo o comportamento gráfico de algumas funções, quando variados seus componentes algébricos, bem como a expressão gráfica da derivada dessas funções, e isso, correlacionado à dinâmica dos *softwares*, projetada para ser atualizada na dinamicidade de um sujeito que a esses *softwares* se volta. Ou seja, são os alunos que escolhem o ponto de visada, as faces a serem observadas para estudo e compreensão de cada uma delas, e do todo que as constitui (PINHEIRO; BICUDO; DETONI, 2020).

Assim, com base nos artigos que sustentam a articulação deste NC, reafirmamos **a relevância do trabalho com *softwares* como complemento às práticas usuais de sala**

**de aula no ensino de Cálculo.** Neste trabalho, reafirmamos que não se pode esquecer da atuação essencial do professor como um mediador pedagógico, auxiliando os alunos na interpretação de gráficos e na coordenação do trabalho com os *softwares* no processo de ensino e de aprendizagem.

**NC2** - A Modelagem Matemática e a Resolução de Problemas trabalhadas com softwares como auxílio ao ensino e à aprendizagem de Cálculo.

Como já explicitado no NC1, o trabalho com TD no ensino de Cálculo traz nova configuração à sala de aula, bem como à prática docente, quando comparada ao trabalho desprovido dessas tecnologias. Desse modo, para além do conhecimento matemático, abre-se possibilidade de desenvolvimento de habilidades e competências que viabilizam a reconfiguração da prática pedagógica, o trabalho com metodologias que se valem das TD (ROSA; CALDEIRA, 2018).

Nessa perspectiva, incentivar que o docente interaja com conteúdos, dispositivos, plataformas e mecanismos digitais, pode contribuir para constituição do ser-professor-com-tecnologias (PINHEIRO, 2018). Os estudos aqui realizados, quando focam esse ser-com sob perspectiva do ensino de Cálculo, apontam a ênfase **ao trabalho com modelos matemáticos associados a softwares**, a calculadoras, bem como com a internet, quando é preciso buscar informações específicas da situação problema a qual se busca modelar. Nesse trabalho, o desenvolvimento do pensamento matemático avança por meio da construção de modelos algébricos em programas de computador, partindo de projeções gráficas, planilhas, funções ou outros modelos adotados no campo virtual para a resolução de problemas matemáticos (JAVARONI; SOARES, 2012; REIS *et al.*, 2013; IGLIORI; ALMEIDA, 2017).

A Modelagem Matemática com TD, tal como destacado nos textos analisados, **aproximando o ensino à realidade do aluno**, que abarca a própria vivência com essas tecnologias. Realidade é um tema complexo, visto que no âmbito da filosofia, sobre Realidade, se encontram diferentes compreensões, como por exemplo a platônica, que expõe a compreensão de um mundo sensível como mundo de representações imperfeitas do que está em um mundo ideal, inteligível. De modo geral, os estudos aqui trazidos denotam como realidade o que se compreende como mundo material, palpável e visto pelas pessoas que o habitam. Portanto, é sobre e com essa realidade sensível que com a modelagem matemática se trabalha. Portanto, os entes ideais do Cálculo, como objetos geométricos e as próprias funções, são trabalhados aderindo-se às coisas que os

representam, tal como uma bola representa uma esfera, e um gráfico projetado num *software* representa um gráfico de uma função.

As TD, ao subsidiarem o trabalho de modelagem contribuem ao pensar e à realização de **modelos matemáticos como instrumento didático**, alternativa pedagógica com a qual se faz uma abordagem por meio da Matemática de uma situação-problema não essencialmente matemática, promovendo a integração entre a realidade e o conteúdo a ser ensinado (VECCHIA; KAIBER, 2012; GONÇALVES; REIS, 2013). Como recurso didático para o ensino e a aprendizagem de Cálculo, a modelagem matemática, trabalhada em plataformas digitais, permite exploração do conteúdo abordado, que sincronamente às iniciativas, vai mostrando possibilidades ao porvir do pensamento e do movimento de criação de modelos.

Por conseguinte, a **construção de modelos educativos para ensino de Cálculo** faz-se relevante, dada a complexidade da disciplina, e a modelagem compoendo esta construção é algo a se pensar visando aprimorar a prática pedagógica. Nesse ínterim, a realização, por exemplo, de estudos dirigidos com TD, pode ampliar a identificação de conceitos fundamentais, bem como sua transversalidade a outros conteúdos (DOUGLAS, 2012). Ademais, a modelagem associada aos materiais didáticos, pode possibilitar aos estudantes, maior compreensão de uma Matemática aplicada também no mundo, podendo-se fazer leituras da natureza mediante formulações matemáticas, processo este que se potencializa com o trabalho com TD.

Como pode ser constatado nos textos, nas compreensões sobre modelagem matemática, além do termo realidade, é rotineiro também o termo problema. Os autores aqui citados, como Javaroni e Soares (2012), que versam sobre modelagem matemática, não buscam teorizar sobre o mesmo, deixando subentendido que problema é qualquer situação “real” a qual se possa dar um revestimento matemático, para com a linguagem matemática resolvê-lo.

No trabalho com TD, além de atividades de Modelagem, há grande **ênfase na utilização dessas tecnologias na Resolução de Problemas**, sendo elas, parte do processo de resolução, contribuindo ao desenvolvimento do raciocínio, da sistematização e da apresentação das ideias. Entende-se que um problema deve solicitar do aluno um amplo movimento reflexivo, dada a não trivialidade do que se apresenta, cabendo ao aluno valer-se das TD para compreender o que foi proposto, raciocinar, planejar, criar procedimentos para alcançar uma resposta correta ou com sentido (REIS *et al.*, 2013; PARADA *et al.* 2016). Entende-se, aqui, que uma didática que se vale dessa compreensão deve valorizar

a resolução, mas especialmente o caminho traçado para delineamento da mesma, pois é nesse movimento que conhecimentos vão se mostrando aos alunos, bem como os alunos vão se doando a compreendê-los.

Portanto, o dinamismo proporcionado pelas TD junto à resolução de problemas e à modelagem matemática contribui para uma formação do aluno e do professor, constituindo um solo sobre o qual se desenvolve o pensamento crítico, bem como um **conceito pedagógico interativo e virtual, com implicações, na prática e compreensão de conhecimentos em Cálculo**. Esse solo se constitui também pela realidade virtual, a que se evidencia em ambientes cibernéticos, que aqui se entende como um modo de ser da realidade que se expõe em nosso mundo de vivências, claro que com características específicas. Portanto, a realidade virtual não é outra realidade, mas é um espaço que se realiza tarefas, se comunica, se emociona... (PINHEIRO, 2018). Assim, se com a resolução de problemas e com a Modelagem Matemática se trabalha com a realidade mundana, pode-se trabalhar também com a realidade virtual. O que se pode interrogar é como se configuram esses trabalhos no espaço virtual das TD.

### NC3 – o trabalho de professores com tecnologias digitais no ensino de Cálculo

Entende-se nos textos aqui analisados que maioria dos trabalhos realizados por professores, quando dispõem de TD para o ensino de Cálculo, trazem como proposta didática, os *softwares* de GD, visando amenizar dificuldades de aprendizagem de conteúdos dessa disciplina, muitas vezes relacionadas a problemas com visualização gráfica, espacial ou plana, e visando estabelecer relações entre representações algébricas e gráficas correspondentes. Dos textos se compreende que esses *softwares* contribuem ao ensino e à aprendizagem de Cálculo, cujas funções, a derivação e integração das mesmas podem ser vistas materializadas em interfaces digitais.

As atividades mediadas por *softwares*, além de trazerem a visualização para o centro da aprendizagem matemática, possibilitam uma das faces mais relevantes de uma proposta didática de ensino de Cálculo: a experimentação (GONÇALVES; REIS, 2013). Nessa perspectiva, o aluno, ao explorar, percebe visualmente as implicações de seus atos e, com isso, ele é ativo na constituição dos conhecimentos apreendidos ao estar explorando. Nesse fazer, o professor não é o eixo central a partir do qual os alunos devem se orientar, mas constitui-se como **elo que liga o aluno ao ensino de Cálculo com as tecnologias digitais**, cujo movimento primeiro é pensar a sala de aula e as atividades para

que o trabalho seja viável e, principalmente, significativo no que diz respeito ao aprender (ALVES *et al.* 2018).

A preocupação com o trabalho com as TD por parte dos professores no ensino de Cálculo ficou evidente nos textos analisados. De início, o Cálculo traz consigo uma demanda por interpretação de conceitos abstratos que vão muito além do que é mostrado nos conteúdos referentes ao ensino médio, como por exemplo, os conceitos de infinito e de contínuo. Entendemos que o computador não dá conta desses conceitos, tendo em vista a incomputabilidade da totalidade dos números (da reta numérica), que implica a incomputabilidade dos conjuntos, das funções e por conseguinte, do contínuo e do infinito (MISSE, 2019).

No entanto, propõe-se aqui um pensamento didático ao professor, que pode propiciar experiência com o contínuo e com infinito, que se entende não se realizarem no sistema binário que sustenta a programação, mas nas interfaces lógicas que reveste e dão ao sujeito a percepção de retas, curvas, sequências, etc. Voltando-se às materializações nessas interfaces pode-se, mediante reflexão, projetar e articular sobre a formalização matemática desses conceitos (PINHEIRO, BICUDO, DETONI, 2020).

O movimento que constitui a unidade sujeito-máquina, a intencionalidade desse sujeito de pôr-se em movimento e a mudança que se realiza no mundo e no sujeito realizador da mudança constituem um solo com o qual podemos pensar os modos pelos quais a continuidade se expõe em interfaces computacionais, uma vez que as possibilidades de movimento estão dadas no mundo de nossas vivências no qual também estão as tecnologias informáticas, dentre as quais, os *softwares* de GD, com os quais aqui conjecturamos sobre o contínuo na computação (PINHEIRO, 2018).

Nota-se nos estudos aqui analisados, o olhar à formação de professores de Matemática, para os quais, os principais livros na bibliografia das disciplinas de Cálculo não apresentam, ou pouco apresentam, abordagens com TD. Apenas os livros mais recentes trazem problemas trabalhados com TD (DOUGLAS, 2012). Tal afirmação expõe **a necessidade de maior efetivação dos discursos já solidificados sobre formação tecnológica, levando as TD aos currículos de formação**. Os professores se adaptam, muitos se valem hoje dessas tecnologias em suas aulas, mas é importante que os próximos movimentos para um ensino com TD não sejam mediante adaptação, mas já nasçam na formação dos professores que à *posteriori* adentrarão às escolas para ministrar suas aulas, já constituídos por uma didática que traz à sua prática as TD.

## 6 Sintetizando o dito e tecendo outras considerações

Na busca por compreender como as tecnologias digitais se fazem presentes frente às problemáticas do ensino e da aprendizagem de Cálculo, expondo uma revisão sistemática sobre as pesquisas em Educação Matemática que focam o Cálculo com TD, vimos que há poucos estudos que fazem esta articulação. Nos resultados correlatos à busca por artigos em dez revistas, que melhor estão classificadas junto à Capes, num período de dez anos, vê-se que a palavra-chave Cálculo está muito mais relacionada aos estudos voltados ao Ensino Básico. Quando inserido o último critério, sobre a presença das TD, o material de análise se reduziu a dezenove textos. Essa constatação reafirma compreensões de que no âmbito da Educação Matemática ainda há uma grande demanda por estudos que foquem a Matemática do Ensino Superior.

Retomando o “como”, expresso na pergunta de pesquisa, o movimento de convergências nos legou que o trabalho com TD no ensino e na aprendizagem de Cálculo justifica-se especialmente pela funcionalidade das mesmas, enfatizando especialmente a potencialidade da visualização permitida pelos *softwares*, atrelada à cinestesia, que se realiza na potencialidade de movimento bem como na ação que faz esta potencialidade ser, apresentando-a em gráficos e figuras em movimento, juntamente como as representações algébricas e operacionais que as constituem.

No âmbito das atividades de Cálculo, o trabalho com TD se torna mais evidente em trabalhos cuja fundamentação teórica é a modelagem matemática e a resolução de problemas, sendo que nessas perspectivas as TD são postas com diferentes potencialidades para otimizar os procedimentos de resolução de problemas e de construção de modelos. Elas são apresentadas como aportes teóricos e metodológicos para o trabalho do professor e, as implicações do trabalho com as mesmas incide sobre o desenvolvimento de habilidades de pesquisa, de exploração e de investigação, que constituem o ser-no-mundo, para além da Matemática e da sala de aula. Tal afirmação vale para tanto para alunos quanto para o professor.

Gerar hábitos de investigação, proporcionar confiança para enfrentar situações novas, estimular a criatividade, ampliar a visão científica e metodológica, desenvolver agilidade na percepção do certo e do errado, dentre outras atribuições, são apontadas como primordiais à didática que propõe um trabalho com resolução de problemas. Essas características são destacadas também em trabalhos que focam a modelagem matemática,

o que evidencia a aproximação entre a resolução de problemas e a modelagem enquanto modos pelos quais se pode ensinar e aprender Matemática.

Outro foco das pesquisas incide sobre a formação de professores para/com TD, trazendo a discussão ao ensino de Cálculo. Enfatiza-se que essa formação prepara o professor para melhor entender a sistemática dos conteúdos escolares, determinar o campo de conhecimento no qual os atos dos alunos e seus correlatos junto às TD possam avançar constituindo modos de pensar-conhecer-compreender-com-TD.

Ao tecer compreensões sobre a pergunta diretriz (explicitando os NC e as considerações deste tópico), é possível entender que o trabalho com TD é uma das possibilidades que se apresentam frente às dificuldades com a aprendizagem de Cálculo e, portanto, frente ao grande índice de reprovação na disciplina em cursos de Ciências Exatas, que tendem a aumentar no período agora vivenciado, de uma pandemia que impõe uma sistemática ao ensino antes comum apenas em cursos específicos, de nível superior.

O ensino remoto, que a pandemia impôs, solicita dos professores, adaptação com materiais e com práticas específicas dos ambientes virtuais. No Cálculo, tema aqui focado, para sua aprendizagem, faz-se necessário todo o movimento de desenvolvimento de um problema, realizando as operações, as exemplificações, os rascunhos, os desenhos. Portanto, em casos como este, o trabalho com uma mesa digitalizadora e o trabalho com plataformas às quais se aplica, como *Open Board* e *Autodesk Sketchpad*, bem como o trabalho com *softwares* se faz relevante, especialmente por permitir a sincronicidade da explicação, que pode ser antevista, mas não necessariamente inteiramente escrita e ilustrada pelo professor em um *slide*, o que demandaria muito tempo para produção do material de aula.

A possibilidade de que algumas atividades, agora desenvolvidas, devem prevalecer mesmo após a pandemia evidencia que a Educação está sempre em um contínuo processo de evolução, que ela não é inerte frente ao que ocorre em seu entorno, e as TD são potencialmente transformadoras desse campo.

## Referências

ALVES, F.; DIAS, M.; LIMA, M. Sobre o Ensino de Integrais Generalizadas (IG): um Contributo da Engenharia Didática. **Jornal Internacional de Estudos em Educação Matemática**, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 130-144, 2018.

AMADEI, F. L. **O infinito: um obstáculo no estudo de Matemática**. 2005. 112f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) - Pontifícia Universidade Católica (PUC), São Paulo, 2005.

ARAÚJO, E. V. F.; VILAÇA, M. L. C. Sociedade conectada: tecnologia, cidadania e infoinclusão. In: ARAÚJO, E. V. F.; VILAÇA, M. L. C. (Orgs.). **Tecnologia, sociedade e educação na era digital**. 1 ed. Duque de Caxias: UNIGRANRIO, 2016. p. 17-40.

BARON, M. **Curso de História da Matemática: origens e desenvolvimento do Cálculo**. Trad. José R. B. Coelho, Rudolf Maier e Maria José M. M. Mendes. 1 ed. Brasília: Editora da UnB. 1985.

BICUDO, M. A. V. A pesquisa qualitativa olhada para além de seus procedimentos. In: BICUDO, M. A. (Orgs.). **Pesquisa qualitativa segundo a visão fenomenológica**. EDIÇÃO. São Paulo: Cortez, 2011. p. 7-28.

BORBA, M. C.; VILLARREAL, E. M. **Humans-with-Media and the Reorganization of Mathematical Thinking**. 1 ed. New York: Springer, 2005.

DOUGLAS, M. Professores universitários que usam a tecnologia de informação e comunicação no ensino de matemática: quem são eles? **Revista Eletrônica de Educação Matemática**, Florianópolis, v. 7, n. 1, p. 62-77, 2012.

FERREIRA, J.; ORESTES FILHO. Visualização e Imagem de Conceito no Caso da Integral de Linha. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, Duque de Caxias, v. 8 n. 1, p. 157-170, 2018.

GABRIEL, M. **Educar: a (r)evolução digital na educação**. 1 ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

GALVÃO, C. M. SAWADA, N. O; TREVIZAN, M. A. Revisão sistemática: recurso que proporciona a incorporação das evidências na prática da enfermagem. **Revista Latino-americana de Enfermagem**, Ribeirão Preto, v. 12, n. 3, p. 549-556, mai./jun. 2004.

GIDDENS, A. **Sociologia**. 6 ed. Porto Alegre: Penso, 2012.

GONÇALVES, D.; REIS, F. Atividades Investigativas de Aplicações das Derivadas Utilizando o GeoGebra. **Bolema**, Rio Claro (SP), v. 27, n. 46, p. 417-432, ago. 2013.

JAVARONI, S.; SOARES, D. Modelagem Matemática e Análise de Modelos Matemáticos na Educação Matemática. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 14, n. 2, p. 260-275, 2012.

IGLIORI, S.; ALMEIRA, M. Aplicações para o Ensino de Equações Diferenciais. **Alexandria**, Florianópolis, v. 10, n. 1, p. 257-270, mai. 2017.

INGAR, K.; SILVA, M. Estudio de la derivada parcial por medio de las aprehensiones en el registro gráfico de funciones de dos variables con estudiantes de ingeniería. **Educación Matemática Pesquisa**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 049-068. 2019.

LIMA, D. F; LIMA, L. A.; SAMPAIO, A. A.; STOBBAUS, C. D. Revisão sistemática de revisões da literatura sobre a síndrome de burnout em docentes do ensino superior no Brasil. **Perspectivas em Diálogo**, Naviraí, v. 09, n. 19, p. 159-174, 2021.

LUZ, V.; SANTOS, Â. Associando Pesquisa e Intervenção em uma Disciplina de Introdução ao Cálculo: um estudo de caso na UFRJ. **Educación Matemática e Pesquisa**, São Paulo, v. 17, n. 1, p.74-93, 2015.

MARIN, D.; PENTEADO, M. Professores que utilizam tecnologia de informação e comunicação para ensinar Cálculo. **Educação Matemática e Pesquisa**, São Paulo, v. 13, n. 3, p.527-546, 2011.

MISSE, B. H. L. **Continuum: Matemática, Filosofia e Computação**. 2019. 100f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2019.

MODINI, F.; MOCROSKY, L.; PAULO, R. O Ensino de Cálculo Diferencial e Integral I: Possibilidades de Investigação. **Educação Matemática em Revista**, Brasília, v. 23, n. 59, p. 150-162, jul./set. 2018.

OLIVEIRA, F. **Uma disciplina uma história: cálculo na licenciatura em matemática da Universidade Federal de Sergipe (1972-1990)**. 2009. 196f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão - SE, 2009.

PARADA, S.; CONDE, J.; FIALLO, J. Mediación Digital e Interdisciplinarietà: una Aproximación al Estudio de la Variación. **Bolema**, Rio Claro, v. 30, n. 56, p. 1031 – 1051, 2016.

PICONE, D. **Os registros de representação semiótica mobilizados por professores no ensino do Teorema Fundamental do Cálculo**. 2007. 126f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo-PUC/SP, São Paulo, 2007.

PINHEIRO, J. M. L. **O movimento e a percepção do movimento em ambientes de Geometria Dinâmica**. 2019. 283f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2018.

PINHEIRO, J. M. L.; BICUDO, M. A. V.; DETONI, A. R. Understanding Phenomenologically the Constitution of Knowledge When Working with Dynamic Geometry. In: BICUDO, M. A. V. (Ed.). **Constitution and Production of Mathematics in the Cyberspace: A Phenomenologically Approach**. 1 ed. Switzerland: Springer, 2020. p. 49-66.

REIS, F. S. **A Tensão entre o Rigor e Intuição no Ensino de Cálculo e Análise: A Visão de Professores-Pesquisadores e Autores de Livros Didáticos**. 2001. 302f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

REIS, J.; LAUDARES, J.; MIRANDA, D. A criação de um objeto de aprendizagem para resolver problemas de fenômenos físicos com taxas relacionadas. **Educação Matemática Pesquisa**, São Paulo, v. 15, n. 3, p.750-774. 2013.

ROSA, M.; CALDEIRA, J. Conexões Matemáticas entre Professores em Cyberformação *Mobile*: como se mostram? **Bolema**, Rio Claro, v. 32, n. 62, p. 1068-1091, dez. 2018.

ROSA, M.; PAZUCH, V. Contribuições ao Design Instrucional e à Cyberformação por meio do Feedback de Estudantes sobre HQs Matemáticas Interativas. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 16, n. 4, p.138-160. 2014.

SAADI, A.; MACHADO, C.; PEREIRA, E. Uma Prática Pedagógica no Ensino de Funções Utilizando o Geogebra em um Curso de Pré-Cálculo Híbrido. **Revista Eletrônica de Educação Matemática**, Florianópolis, v. 15, p. 01-18. 2020.

SAMPAIO, R. F. MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Revista brasileira de fisioterapia**, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 83-89, jan./fev. 2007.

TORRES, T.; GIRAFFA, L. O ensino de Cálculo numa perspectiva histórica: da régua de calcular ao MOODLE. **REVEMAT - Revista Eletrônica de Educação Matemática**, São Carlos, v. 4, n. 1, p.18-25. 2009.

TREVISAN, A.; GOES, H. O Método da Exaustão e o Cálculo de Áreas: Proposta e uma Tarefa com Auxílio do Geogebra. **Educação Matemática em Revista**, Brasília, v. 52, p. 79-85. 2016.

TREVISAN, E. Sólidos de Revolução e o Teorema de Pappus-Guldin: uma Experiência em uma Turma de Cálculo de Várias Variáveis. **Educação Matemática em Revista**, Brasília, v. 22, n. 54, p. 106-115, abr./jun. 2017.

VECCHIA, R.; KAIBER, C. Cálculo numérico e calculadoras gráficas: construindo conceitos relacionados ao Polinômio Interpolador de Lagrange. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 14, n. 1, p.40-50, jan./abr. 2012.

**Recebido em:** 15 de julho de 2021

**Aceito em:** 14 de fevereiro de 2022