

O Uso das Tecnologias Educacionais Digitais e as Oportunidades de Aprendizagem na Disciplina de Cálculo Diferencial e Integral

The Use of Digital Educational Technologies and Learning Opportunities in the Discipline of Differential and Integral Calculus

Adan Santos Martens

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR)

Alessandra Dutra

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR)

André Luis Trevisan

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR)

Sani de Carvalho Rutz da Silva

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR)

RESUMO

A disciplina de Cálculo Diferencial e Integral (CDI) vem sendo foco de muitas pesquisas, dado o elevado número de reprovações, evasão e repetência. Algumas tendências têm sido propostas com o objetivo de contribuir para a superação dessas problemáticas. Entre essas tendências, optou-se por descortinar as contribuições do uso das Tecnologias Educacionais Digitais (TED) e oportunidades de aprendizagem por elas geradas. Trata-se de um ensaio, direcionado pela seguinte interrogação: “*O que se revela sobre o uso das TED e as oportunidades de aprendizagem na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral a partir de dissertações defendidas no interior do grupo de pesquisa?*”. Para responder a interrogação, recorremos às dissertações produzidas no interior do próprio grupo de pesquisa que os primeiros autores integram, totalizando nove trabalhos que abordam essa temática. Assumimos uma postura fenomenológica-hermenêutica e descrevemos quatro categorias que emergiram de nossas análises. As análises indicam que a utilização das TED contribui para a promoção do raciocínio matemático e seus processos, oferece oportunidades de aprendizagem e propicia momentos de interação, gerando possibilidades para a elaboração de estratégias para solucionar tarefas propostas na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral.

Palavras-chave: Ensino de Cálculo Diferencial e Integral. Tecnologias Educacionais Digitais. Oportunidades de aprendizagem. Fenomenologia.

ABSTRACT

The subject of Differential and Integral Calculus (DIC) has been the focus of much research, due to the high number of failures, dropouts, and school failure. Some trends have been proposed to help to overcome these problems. Among these trends, we chose to unveil the contributions of using Digital Educational Technologies (DET) and the learning opportunities they generate. This is an essay, guided by the following question: “*What is revealed about the use of DET and learning opportunities in the subject of Differential and Integral Calculus from dissertations defended within the research group?*”. To answer this question, we turned to the dissertations produced within the research group of which the first authors are members, totaling nine papers on this subject. We took a phenomenological-hermeneutic approach and described four categories that emerged from our analyses. The analyses indicate that the use of DET contributes to the promotion of mathematical reasoning and its processes, offers learning opportunities, and provides moments of interaction, generating possibilities for the development of strategies to solve tasks proposed in the subject of Differential and Integral Calculus.

Keywords: Teaching Differential and Integral Calculus. Digital Educational Technologies. Learning opportunities. Phenomenology.

1 INTRODUÇÃO

Diante do crescente número de pesquisadores (COUTO; TREVISAN, 2017; SAADI; MACHADO; PEREIRA, 2020; SANTOS; SILVA; CORDEIRO JUNIOR, 2020) que se voltam para a compreensão dos fatores que impedem o sucesso na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral (CDI) e propõem a utilização das Tecnologias Educacionais Digitais (TED) no ensino desta disciplina, torna-se relevante compreender como isso ocorre e qual a relação com oportunidades de aprendizagem geradas. Para Kilpatrick, Swafford e Findell (2001, p. 334, tradução nossa), oportunidades de aprendizagem são definidas como “circunstâncias que permitem que os estudantes se envolvam e passem tempo em tarefas acadêmicas”, sendo consideradas como o “preditor mais importante” do seu desempenho.

Essas preocupações não são recentes. Segundo Moraes (1993), a informática educativa no Brasil começa a ser discutida na década de setenta. Essa autora cita, como marco dessa década, quando, pela primeira vez, discutiu-se o uso de computadores no ensino de Física, em um seminário promovido pela Universidade Federal de São Carlos, assessorado por um especialista da Universidade de Dartmouth/USA.

Em 1971 aconteceu a realização da 1^a Conferência Nacional de Tecnologia Aplicada ao Ensino Superior (CONTECE), realizada no Rio de Janeiro, que contou com a presença de educadores que expuseram, por meio de comunicações sobre o uso de diversas tecnologias educacionais, o ensino auxiliado por computador, demonstrando, inclusive, como poderiam se comunicar, diretamente do Rio de Janeiro, com um computador no campus da Universidade de São Paulo (MORAES, 1993).

A utilização de TED no ensino e na aprendizagem da matemática é citada em Fiorentini e Lorenzato (2007) como uma tendência temática. Os autores a sugerem em seu livro como um dos temas que se constitui como um problema de interesse da pesquisa em Educação Matemática. Essa temática é um campo de pesquisa já consolidado, diante do interesse por parte dos pesquisadores em investigar formas de torná-la mais acessível e compreender suas contribuições e limitações no âmbito dos processos de ensino e de aprendizagem.

Mais especificamente, diferentes eventos na área da Educação Matemática, como a Conferência Interamericana de Educação Matemática (CIAEM), o Encontro Nacional de Educação Matemática (ENEM), o Seminário Internacional de Pesquisas em Educação Matemática (SIPREM) e o Simpósio Internacional de Pesquisa em Educação Matemática (SIPEMAT) abriram suas portas para a recepção de trabalhos sobre o uso das TED em Matemática. A presença desse eixo temático nesses eventos permitiu que essa temática ganhasse engajamento e maior visibilidade dentro da área da Educação Matemática, mostrando à sociedade os avanços na área e criando uma nova área de pesquisa, na fronteira entre o ensino de Matemática e as TED (ANTUNES, 2020).

Outro marco profícuo são os grupos de trabalho que reúnem um número significativo de pesquisadores que discutem e disseminam pesquisas no campo da Educação Matemática. Em específico, o grupo de trabalho GT 04 – Educação Matemática no Ensino Superior, da Sociedade Brasileira de Educação Matemática (SBEM, 2023), o qual se insere nesse contexto e tem como objetivo discutir e divulgar pesquisas relacionadas à aprendizagem e ao ensino de Matemática no Ensino Superior. Dentre seus objetos de pesquisa é destacada a formação inicial e continuada de professores de Matemática, materiais didáticos, novas tecnologias de ensino, estratégias didáticas, práticas pedagógicas e abordagens alternativas para o ensino de conceitos em cursos superiores da área de matemática e de cursos nos quais a matemática é disciplina de serviço.

Investigações que se voltam para essas temáticas são fundamentais para a construção fundamentada de resultados que possibilitam conhecer e repensar o Ensino Superior. Reconhecendo essa importância, este estudo se volta a compreender uma das temáticas desses objetos – as TED para o ensino de Matemática no Ensino Superior e as oportunidades de

aprendizagem por elas geradas. Yackel, Cobb e Wood (1991), assumindo uma perspectiva sociocultural, apresentam o conceito de “oportunidades de aprendizagem”, referindo-se às possibilidades oferecidas aos estudantes em seu ambiente educacional, e como certas práticas de sala de aula proporcionam ou restringem oportunidades de aprender matemática na escola.

Optou-se pela modalidade textual de ensaio, já que, neste modelo textual, há a possibilidade de a orientação ser dada não pela busca das respostas e afirmações verdadeiras, mas pelas perguntas que possam orientar os sujeitos para as reflexões mais profundas (MENEGETTI, 2011). Para Meneghetti (2011, p.323), o “ensaio é um meio de análise e elucubrações em relação ao objeto, independentemente de sua natureza ou característica. A forma ensaística é a forma como são incubados novos conhecimentos, até mesmo científicos ou pré-científicos”.

Trata-se de um estudo que emerge de uma disciplina ofertada no primeiro semestre de 2023 em um Programa de Pós-graduação, a nível de Doutorado no sul do Brasil. A disciplina dividiu-se em dois momentos. No primeiro, centrou-se em aspectos teóricos, como a discussão de textos sobre tecnologias e competências digitais (VALENTE; ALMEIDA, 2022), palestra com pesquisador¹ internacional sobre políticas europeias para a capacitação digital das escolas e a realização de seminários e roda de discussões. Já em um segundo momento, voltou-se aos aspectos práticos, focados na criação e utilização de tecnologias para educação a partir dos diferentes letramentos: hipertextual, multimídia, móvel e jogos.

Inspirados nos estudos dos conteúdos desta disciplina e, também, frente às necessidades ocorridas na pesquisa de doutoramento do primeiro autor, debruçou-se sobre um “olhar para dentro”, ou seja, as produções desenvolvidas no interior do grupo de pesquisa liderado pelo segundo autor e orientador da pesquisa. Em especial, o grupo tem se dedicado a investigar questões relacionadas ao Ensino de Cálculo Diferencial e Integral, em especial no que tange ao trabalho com episódios de resolução de tarefas (COUTO; FONSECA; TREVISAN, 2017; TREVISAN; MENDES, 2018) e sua relação com a promoção do raciocínio matemático dos estudantes (TREVISAN, 2022), com participação ativa junto ao GT 04.

Assim, neste trabalho, objetiva-se discorrer sobre a utilização das TDIC a partir das dissertações produzidas no âmbito do próprio grupo de pesquisa que tratam do CDI, direcionado pela interrogação: *O que se revela sobre o uso das TED e as oportunidades de aprendizagem na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral, a partir de dissertações defendidas no interior do grupo de pesquisa?*

Este ensaio está organizado em quatro seções: a primeira traz a introdução; a segunda discorre sobre alguns procedimentos empregados na seleção do material que subsidia as reflexões; a terceira apresenta as discussões a partir dos dados, trazendo as categorias e suas respectivas interpretações à luz da interrogação assumida; por fim, na quarta seção, expõe-se as considerações finais do trabalho.

2 PROCEDIMENTOS PARA SELEÇÃO DO MATERIAL

Assume-se, neste trabalho, uma atitude fenomenológica de pesquisa segundo uma abordagem qualitativa. Para Bicudo (2010, p. 29), “Fenomenologia é uma palavra composta por fenômeno + logos. Fenômeno, cujo significado é o que se mostra, o que aparece, e logos, entendido como pensamento, reflexão, reunião, articulação”.

Portanto, neste ensaio busca-se refletir sobre o que se mostra do nosso fenômeno – TDIC e oportunidades de aprendizagem – a partir das dissertações defendidas no interior do grupo de

¹ Palestra proferida pelo professor Manuel Meirinhos intitulada “Políticas Europeias para a capacitação digital das escolas”.

pesquisa “Raciocínio matemático e formação de professores”², defendidas junto ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Matemática, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná³. No Quadro 1, a seguir, encontram-se as dissertações listadas conforme a sequência apresentada no software Atlas.ti, utilizado para a organização dos dados.

Quadro 1 – Dissertações analisadas

| Códigos | Referência das Dissertações analisadas |
|---------|--|
| D1 | FONSECA, Maycon Odailson dos Santos da. Proposta de Tarefas para um Estudo Inicial de Derivadas. 2017. 100 folhas. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Matemática) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2017. |
| D2 | RAMOS, Nélvia Santana. Sequências Numéricas como desencadeadoras do Conceito de Convergência: episódios de resolução de tarefas. 2017. 126 folhas. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Matemática) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2017. |
| D3 | VIEIRA, Anna Flávia Magnoni. Elementos valorizados por professores de Matemática na elaboração e implementação de tarefas no contexto da Álgebra. 2018. 99 folhas. Dissertação – (Mestrado Profissional em Ensino de Matemática) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2018. |
| D4 | GONÇALVES, William José. Raciocínio covariacional em aulas de Cálculo Diferencial e Integral: possibilidades de desenvolvimento a partir do uso de tarefas. 2018. 99 folhas. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Matemática) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2018. |
| D5 | ALVES, Roberta Marcelino de Almeida Alves. Análise de um Processo Avaliativo Alinhado a um Ambiente de Ensino e de Aprendizagem de Cálculo Pautado em Episódios de resolução de Tarefas. 2021. 147 folhas. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2021. |
| D6 | VOLPATO, Marcio Alexandre. Ações do professor para promoção do raciocínio matemático em momentos de discussão coletiva em aulas de Cálculo. 2022. 55folhas. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2022. |
| D7 | NEGRINI, Mariana Vasconcelos. Processos do raciocínio matemático mobilizados por estudantes de Cálculo Diferencial e Integral em tarefas exploratórias. 2022. 65 folhas. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2021. |
| D8 | ARAÚJO, Tainá Taiza. Integrais Definidas de uma e mais variáveis a partir do trabalho com episódios de resolução de tarefas em aula de Cálculo. 2023. 69 folhas. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2023. |
| D9 | HENNIG, Rogério Fabrício. Análise de uma tarefa exploratória aliada ao uso de Tecnologias Digitais em aulas de Cálculo no contexto remoto. 2023. 196 folhas. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2023. |

Fonte: os autores

² <https://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/781023>.

³ <http://www.utfpr.edu.br/cursos/mestrado-e-doutorado/ppgmat-cornelio-procopio-e-londrina>.

A escolha dessas dissertações justifica-se por serem pesquisas que foram produzidas e defendidas no interior do grupo de pesquisa, terem sido publicadas, terem sido orientadas por um dos autores deste trabalho e por virem ao encontro da temática de pesquisa do primeiro autor, que se encontra em processo de alinhamento da pesquisa de doutorado.

Com vistas à análise, desde o processo de leitura das nove dissertações defendidas no âmbito do grupo, contou-se com a ferramenta tecnológica de análise de dados qualitativos, o Atlas.ti⁴. Segundo Klüber (2014, p. 20),

O software é potencialmente significativo para ser utilizado no âmbito da pesquisa fenomenológica e nas mais diversas áreas. Para tanto, é preciso atentar-se que os dados não são em si, mas só fazem sentido na visada intencional daquele que investiga. No entanto, é possível manter o rigor fenomenológico com alguma economia de tempo. Obviamente que não de reflexão, mas de gestão e organização do trabalho. Se bem conduzido esse processo, economiza-se tempo com questões de ordem técnica e pode-se aumentar o tempo de reflexão necessário ao desenvolvimento das reduções transcendentais.

Essa ferramenta foi selecionada para o presente trabalho pelo fato de possuir elementos constitutivos essenciais como: Unidade Hermenêutica – (*Hermeneutic unit*); Documentos primários - (*Primary documents*); Citações - (*Quotes/quaotation*); Códigos - (*Codes*); Notas de análise - (*Memos*); Esquemas gráficos – (*Netview*); Comentários – (*Comment*) (WALTER; BACH, 2009).

Tendo em vista essas vantagens do uso do software, inseriram-se os textos nessa ferramenta. Em seguida, prosseguiu-se com sua leitura e destaque de palavras e excertos, tendo sempre, como nortex'xx', a interrogação formulada, construindo, assim, as unidades de significado. Esse é um momento que exige um esforço do pesquisador, pois se realizam várias leituras das descrições, visando se aproximar do fenômeno e, a partir dessa familiarização com a descrição, procura-se estabelecer as unidades de significado que “[...] por sua vez, são recortes julgados significativos pelo pesquisador, dentre os vários pontos aos quais a descrição pode levá-lo” (GARNICA, 1997, p. 116).

Garnica (1997) explicita que essas unidades não estão prontas no texto, mas existem a partir de um movimento do pesquisador. Em outras palavras, “Para que as unidades significativas possam ser recortadas, o pesquisador lê os depoimentos à luz de sua interrogação, por meio da qual pretende ver o fenômeno, que é olhado de uma dentre as várias perspectivas possíveis” (GARNICA, 1997, p. 116-117).

Após o destaque dessas unidades, transcritas para uma linguagem do pesquisador e para a área da pesquisa, estabelece-se uma convergência entre essas unidades significativas, agrupando-as a fim de produzir as categorias. No software, utiliza-se o recurso denominado *link*, que permite estabelecer as categorias por meio da interligação das unidades.

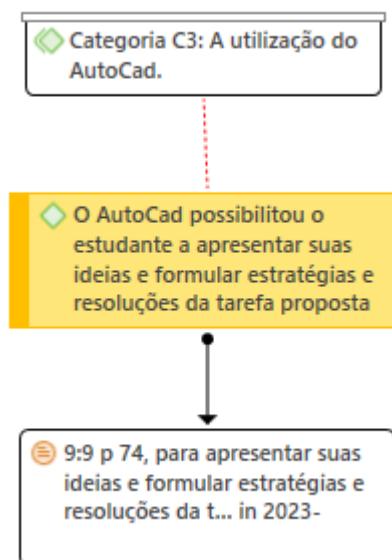
Para um melhor entendimento do leitor, apresenta-se na Figura 1, um exemplo de uma unidade de significado. Na parte superior da imagem, apresenta-se a categoria, no caso, “A utilização do AutoCad”. Na parte central da imagem, está a unidade de significado que compõe uma das categorias que emergiram do processo de redução fenomenológica. Já na parte inferior da imagem, é apresentado o excerto de texto em que a unidade foi destacada, junto com o código da unidade. Tratam-se de marcadores gerados pelo próprio software. Por exemplo, o código 9:9 refere-se à nona unidade destacada do nono documento analisado.

Essas unidades não se encontram prontas nas dissertações, elas foram reescritas pelos pesquisadores em linguagem própria, ao buscarem pelo significado direcionado pela interrogação

⁴ A Licença foi adquirida pelo autor.

de pesquisa. Destaca-se que esse processo rigoroso de leitura e estabelecimento das unidades de significado e categorias são conduzidas pelo pesquisador, sem influência alguma do software. Esse processo resultou em quatro categorias que foram interpretadas a partir da descrição das unidades de significado. Desse movimento de redução fenomenológica e interpretação dos dados, busca-se transcender o conhecimento natural, buscando, de modo atento e consciente, o que emerge do fenômeno em estudo, explorando o que se mostra dele em diferentes perspectivas (BICUDO, 2010).

Figura 1 – Ilustração de uma unidade de significado que compõe a categoria



Fonte: os autores

Estas categorias são descritas e interpretadas na seção seguinte. Palmer (1969) refere-se ao termo interpretar como hermenêutica. No sentido etimológico, a palavra hermenêutica vem do verbo grego *hermeneueim*, traduzido usualmente por “interpretar” e do substantivo *hermeneia*, como “interpretação”. Para esse autor, hermenêutica possui três sentidos: “1) exprimir em voz alta, ou seja, ‘dizer’; 2) explicar, como quando se explica uma situação; 3) traduzir, como na tradução de uma língua estrangeira” (PALMER, 1969, p. 24).

Parafraseando, podemos dizer que a palavra hermenêutica carrega consigo o significado de explicar, trazer à luz a compreensão sobre o objeto intencional. Segundo Espósito (1991, p. 103), o “objetivo da hermenêutica não é avançar com regras para uma compreensão ‘objetivamente válida’, mas sim, conceber a própria compreensão de um modo tão lato quanto possível”. A partir da explicitação desses conceitos, a seção seguinte descreve e interpreta as categorias constituídas à luz da interrogação assumida.

3 O QUE SE REVELA DO FENÔMENO?

Nesta seção, serão discutidas as quatro categorias abertas que foram estabelecidas a partir da convergência das unidades de significado produzidas pelos textos analisados. Estas categorias não foram definidas a priori, pois na investigação fenomenológica deixamos que as coisas se manifestem como são, sem projetar nelas nossas próprias impressões (PALMER, 1969).

O estabelecimento das categorias, como descrito na seção dos procedimentos metodológicos, decorreu de sucessivas leituras dos textos orientadas por nossa interrogação de pesquisa: *O que se revela sobre o uso das TED e as oportunidades de aprendizagem na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral, a partir de dissertações defendidas no interior do grupo de pesquisa?*

Desse processo de redução fenomenológica, como já descrito na seção 2, foram estabelecidas 74 unidades de significado, e os dados da análise foram disponibilizados por meio de um arquivo complementar. Na sequência, as unidades foram agrupadas, com o intuito de articular compreensões resultantes dessa seleção, o que culminou em quatro categorias a partir da convergência de 74 unidades. As categorias foram intituladas como “identificação de padrões a partir do Geogebra”, “comparação entre grandezas por meio do Excel”, “elaboração de hipóteses a partir do AutoCad” e “Sobre a utilização de outros recursos tecnológicos para elaboração de conjecturas e generalizações”, as quais descrevemos e interpretamos na sequência.

3.1 Categoria C1: identificação de padrões a partir do Geogebra

A primeira categoria, que fala sobre a identificação de padrões a partir do Geogebra, é composta pela maioria das unidades de significado e corresponde a 37 de um total de 74 unidades. Essas unidades se concentram nas dissertações D1, D2, D4, D5, D7 e D9.

Esse total de unidades encontrados de forma expressiva nos trabalhos revela que o software Geogebra é o mais frequente nas unidades de significado estabelecidas a partir das pesquisas estudadas, e corrobora com Antunes (2020), quando identificaram a palavra Geogebra como a mais utilizada nas palavras-chave dos trabalhos publicados a partir da oitava edição do ENEM (Encontro Nacional de Educação Matemática). Isso revela que o uso desse software para o ensino de Matemática é mais frequente por possuir uma interface mais simples e intuitiva, com vários recursos visuais que permitem o estudo de funções, atividades prontas para utilização, estudo de figuras em três dimensões, dentre diversos outros recursos disponibilizados nesse aplicativo.

Além desse primeiro olhar sobre o quantitativo de unidades que citam o Geogebra, foi possível pontuar que essa ferramenta possibilita aos estudantes: i) visualizarem o movimento que acontece no gráfico quando são mudados os valores dos coeficientes de uma função quadrática (5:9); ii) visualizarem simultaneamente a representação gráfica e tabular de funções lineares (1:11); iii) compreenderem o comportamento de uma função racional a partir da mudança de seus coeficientes (5:11) e iv) realizar a análise gráfica de uma função, verificando extremos de uma função polinomial (9:18). Vale destacar a unidade (9:16), que mostra que “O software foi sugerido pelos estudantes para validação e visualização do modelo e da resolução da tarefa que foi proposta” (HENNING, 2023, p. 116). Além disso, o uso do Geogebra facilitou a interação com gráficos de diferentes funções por meio do recurso controle deslizante (5:8), permitindo aos estudantes, por exemplo, visualizarem a alteração do coeficiente angular de uma função linear, como é possível reconhecer no excerto em que a unidade (1:13) foi estabelecida: “evidenciou que a mudança no controle deslizante b, altera o coeficiente angular, além do controle a movimentar o termo independente” (FONSECA, 2017, p. 56).

Esse aspecto, caracterizado pela visualização do gráfico de uma função e análise por meio do software por parte dos estudantes se mostra relevante, já que revela o uso de recursos tecnológicos como um aliado nas atividades quando os estudantes validam uma hipótese ou buscam outras representações, como a gráfica, com o intuito de tornar uma justificativa ou refutação válida. Essas ações indicam a busca pela identificação de padrões, um dos processos do raciocínio matemático.

Jeannotte e Kieran (2017, p. 10) o definem como a identificação de um padrão, que segundo os autores se trata de “Um processo de raciocínio matemático que, pela busca de semelhanças e diferenças, infere uma narrativa sobre uma relação recursiva entre objetos matemáticos ou relações”. Além disso, os autores também apontam que os estudantes utilizam as TED para realizar a matematização e executar uma possível solução no modelo proposto. Em concordância com essa

afirmação, Borba, Silva e Gadanidis (2015) afirmam que softwares como o GeoGebra podem favorecer a promoção e produção de conhecimentos matemáticos.

3.2 Categoria C2: Comparação entre grandezas por meio do Excel

A segunda categoria é composta por 6 unidades de significado que emergiram das dissertações D1 e D2. Essas unidades explicitam potencialidades do software Excel, diante das ferramentas e funcionalidades que o software oferece, como a criação de gráficos e a manipulação de diferentes representações. Essas unidades dizem sobre o modo como os estudantes o utilizaram para diferentes funções, como elaboração e comparação de gráficos e representações (1:8), e a visualização e discussão da concavidade das curvas (1:7), o que possibilitou o entendimento da função e do conceito de derivada. Outra unidade também relata a escolha do Excel para uso em sala de aula, já que é um software com que os estudantes estão familiarizados com algumas de suas ferramentas e com sua manipulação (1:4).

Essas potencialidades explicitadas nas unidades e demonstradas pelos estudantes foram reconhecidas quando eles utilizaram ferramentas do Excel para realizar gráficos, fator que possibilitou às equipes chegar a conclusões sobre as tarefas propostas. Um dos desdobramentos foi, por exemplo, o início de discussões sobre as concavidades das curvas, um conceito importante para compreender o comportamento de uma função e o conceito de derivada, como indicado na dissertação D1, que resultou na unidade (1:5), em que foi observado que o grupo fez uso da ferramenta “gráfico” do software, “mostrando e evidenciando uma representação gráfica simultânea das três empresas, podendo observar qual empresa será mais vantajosa em curto, médio e longo prazo, observando então o ponto que será o encontro “equilíbrio” das empresas” (FONSECA, 2017, p. 41). Essas potencialidades do uso do software Excel alinhado às aulas de matemática corroboram com Lopes (2015) quando afirmam que o Excel é uma ferramenta rica para o ensino de matemática, pois se trata de um software de fácil utilização, disponível e que permite uma aprendizagem interativa. Além disso, a planilha eletrônica do Excel possibilita uma série de cálculos matemáticos, como a inserção de fórmulas e, a partir de dados inseridos, permite construir gráficos coloridos de maneira simples a partir de uma grande variedade de modelos.

3.3 Categoria C3: Elaboração de hipóteses a partir do AutoCad

A terceira categoria está relacionada com o uso do software AutoCad. As 13 unidades de significado presentes emergiram na dissertação D5 e evidenciam as potencialidades deste software quando integrado às aulas de matemática. Foi destacado o potencial do AutoCad quando os alunos o utilizaram para visualizar uma pirâmide de base quadrada a partir de sua planificação, durante a resolução de um problema de otimização. A unidade 9:24 mostra que “o grupo fez uso do software AutoCad para apresentar seus resultados e para obter uma visualização mais clara da Pirâmide” (HENNING, 2023, p. 61). Paralelamente, a unidade 9:25 indica que “A utilização do AutoCad permitiu ao grupo visualizar e esboçar seus projetos” (HENNING, 2023, p. 61), visto que foi proposto à turma, na tarefa em análise na dissertação, explorar a melhor configuração de uma barraca de acompanhamento usando conceitos do CDI. A unidade 9:26 mostra que: “O aluno compartilhou a tela do AutoCad para fazer o desenho da barraca” (HENNING, 2023, p. 69). Outras unidades (9:27 e 9:28) revelaram que os alunos utilizaram o software como uma ferramenta de apoio e verificação para chegarem a uma resposta, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada da matemática conforme descrito na unidade (9:28): “O AutoCad ajudou os alunos durante o processo de matematização e construção do modelo, tornando a visualização mais fácil” (HENNING, 2023, p. 70). Além disso, a partir de representações construídas com o AutoCad, os alunos debateram,

formularam conjecturas, elaboraram hipóteses e definiram estratégias para solucionar o problema de otimização (9:6, 9:7, 9:9 e 9:10).

Em convergência com essas afirmações, a unidade (9:10) mostra que o AutoCad ajudou os estudantes a elaborarem um modelo e analisarem as condições que atendem ao modelo proposto, como revela o excerto do texto da dissertação D9 em que a unidade (9:10) foi articulada: “O AutoCad auxiliou os estudantes a expressarem suas ideias e desenvolverem estratégias e soluções para a tarefa” (HENNING, 2023, p. 73);

Essas potencialidades vêm ao encontro do argumento de Souza (2021), ao defender que o AutoCad permite chamar atenção dos estudantes para o ensino de matemática, por possuir uma série de ferramentas que permite a construção de figuras geométricas planas como linhas, curvas, polígonos. Também possibilita o cálculo de perímetro, da área e disponibiliza ferramentas para relacionar essas figuras ou objetos.

Em linhas gerais, os achados revelam que o uso do software AutoCad pode ser uma ferramenta poderosa no ensino de CDI, especialmente em atividades relacionadas à visualização e construção de modelos geométricos. Através da análise das unidades de significado extraídas da dissertação de Henning (2023), observa-se que o AutoCad contribuiu na melhoria da compreensão dos conceitos matemáticos, a facilitação da visualização de objetos tridimensionais (como pirâmides), e o suporte ao desenvolvimento de estratégias e soluções para a tarefa de otimização proposta. Alinhado a essas potencialidades evidencia-se que o uso do software contribuiu para que os estudantes não só resolvessem as atividades propostas, mas também aprofundassem sua compreensão matemática ao testar hipóteses e analisar modelos com maior clareza.

3.4 Categoria C4: Sobre a utilização de outros recursos tecnológicos para elaboração de conjecturas e generalizações

Essa categoria é constituída por 18 unidades de significado e tratam de outros recursos tecnológicos utilizados em sala de aula, bem como seus objetivos. As unidades que compõem esta categoria se concentram nas dissertações D1, D2, D5, D7 e D9.

As unidades afirmam que os softwares educativos podem contribuir para a compreensão de problemas de CDI (1:1), pois possibilitam a visualização (9:8), reflexão, matematização e deduções para refinar o conhecimento (9:20). As TED possibilitam que os estudantes assumam o papel de protagonistas de seus processos de avaliação, utilizando as potencialidades do software para realizar investigações (5:6).

Além disso, é exposto que os grupos utilizam as TED para visualizar e construir um modelo para avaliar, a partir dos dados dispostos no gráfico, a regularidade de crescimento de uma função (9:8), facilitando a compreensão e contribuindo para a elaboração de conjecturas e generalização (9:17). A elaboração de conjecturas é apresentada na D9 no trecho em que o autor destaca “que além das TD auxiliarem na explanação e elaboração de conjecturas e ideias, elas também auxiliaram na discussão do grupo sobre a matematização proposta durante a exploração da tarefa exploratória. [...] os estudantes relacionaram as fórmulas com variáveis (x, y e z) com o objetivo de apresentar uma equação que auxilie na continuidade da tarefa” (HENNING, 2023, p. 127).

Tais ações se articulam com o processo de raciocínio matemático de classificar que, segundo Jeannotte e Kieran (2017, p. 19), comprehende inferências “pela busca de semelhanças e diferenças entre objetos matemáticos [...] baseada em propriedades e definições matemáticas”. Esse uso TED para chegar a uma solução da tarefa proposta pode ser visto no excerto a seguir que deu origem a unidade (9:20): “no Grupo G, a utilização da TD [tecnologia digital foi utilizada] como

uma ferramenta para visualização e matematização. Nesse caso, percebemos que a ferramenta auxiliou na visualização e assim, favoreceu a elaboração de estratégias para a solução da tarefa proposta”.

Também é citado o uso do WhatsApp como uma ferramenta para disponibilização de materiais à turma (1:3), assim como *chats* e vídeo chamadas que possibilitam a comunicação durante o ensino remoto entre professor e estudantes (9:2), lousa digital para desenhar projetos e modelos propostos pelos grupos (9:4). As TED também contribuíram como possibilidade na organização dos instrumentos de avaliação pelo professor por meio da análise da produção de vídeos e áudios elaborada pelos estudantes.

Nesse sentido, a categoria revela os benefícios das TED como instrumentos de mediação no processo de ensino e aprendizagem. A disponibilidade de plataformas gratuitas permitem que professores utilizem esses ambientes para a educação, o que auxilia no progresso da disciplina oferecida (Henning, 2023).

Em estrita relação com essas afirmações, Bento (2016) destaca que,

Com o advento da internet, abrem-se novas possibilidades de interação, a partir do momento em que diferentes ferramentas interativas vão sendo criadas e colocadas à disposição dos estudantes, especialmente nos ambientes virtuais de aprendizagem. Tais ferramentas ampliam as possibilidades de interação entre estudantes x professor/tutor e entre estudantes x estudantes (BENTO, p. 30).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao retomar a interrogação de pesquisa que orientou esta investigação: *O que se revela sobre o uso de TED e as oportunidades de aprendizagem na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral (CDI), a partir de dissertações defendidas no interior do grupo de pesquisa? –*, as análises realizadas revelaram que o uso das TED na educação promove oportunidades de aprendizagem. Observou-se, em especial, que o software Geogebra é o mais frequente nas pesquisas analisadas. Esse software se destaca por sua *interface* simples e intuitiva, que oferece diversos recursos visuais que permitem o estudo de funções, atividades prontas para utilização, estudo de figuras em três dimensões, entre outros recursos.

O software Excel, por sua vez, também é mencionado como um recurso útil para mediar o ensino de matemática. Ele permite a produção de gráficos, comparação de representações, visualização da concavidade das curvas e compreensão de funções e do conceito de derivada. Já o software AutoCad é citado por sua capacidade de auxiliar os estudantes no planejamento de modelos matemáticos, na verificação das condições que satisfazem o modelo proposto, na discussão e elaboração de hipóteses, na definição de estratégias e na resolução de tarefas propostas. Além dos softwares mencionados, outros recursos tecnológicos são mencionados como recursos utilizados em sala de aula, e incluem o WhatsApp, lousa digital e produção de vídeos e áudios para avaliação dos estudantes.

O uso de TED no ensino de Matemática é destacado como uma forma de possibilitar a visualização, reflexão, matematização e deduções para refinar o conhecimento dos estudantes. Também permite que os estudantes assumam um papel de protagonismo em seu processo de aprendizagem e avaliação, o que indica que esses softwares contribuem para promoção do raciocínio matemático. Além disso, possibilita maior interação do estudante com a construção do conhecimento matemático, visto que as TED permitem a interação dos estudantes com os gráficos e modelos e a realização de investigações e avaliações mais dinâmicas. Esses resultados corroboram com Borba, Malheiros e Zulatto (2008) ao dizer que o fazer matemática é transformado pela tecnologia, afinal produzimos conhecimento com internet e softwares educacionais.

Com base nos dados e na análise efetuada, é possível inferir que a utilização das TED possibilita a mediação dos processos de ensino e aprendizagem da matemática, contribuindo para a promoção de diversos processos do raciocínio matemático (JEANNOTTE; KIERAN, 2017). As categorias estabelecem inter-relações entre si, evidenciando que a aplicação de ferramentas como Geogebra, Excel, Autocad e outros recursos tecnológicos propicia oportunidades de aprendizagem mediante os momentos de interação entre os estudantes que, por sua vez, elaboram estratégias distintas no âmbito das TED, visando solucionar as tarefas propostas no contexto da disciplina de CDI. Desta forma, torna-se fundamental seu emprego na resolução de tarefas matemáticas com características mais exploratórias e investigativas (COUTO; FONSECA; TREVISAN, 2017).

Considerando essas potencialidades descortinadas a partir de um “olhar para dentro” do grupo de pesquisa, em que se buscou analisar as produções (dissertações) desenvolvidas no interior do grupo, sinaliza-se para uma tímida exposição das TED no ensino de CDI nestes trabalhos. Apesar desses estudos não terem como objetivo perseguir esse fenômeno, seu uso é reconhecido no momento em que os estudantes produzem o conhecimento matemático durante a resolução de tarefas, o que evidencia que essas pesquisas, embora reconheçam as TED como instrumentos de mediação relevantes para o desenvolvimento do raciocínio matemático, apresentam-na de maneira secundarizada, com exceção do trabalho dissertativo de Henning (2023), que as assume como foco central de investigação. Seu estudo aponta que as TED podem favorecer aspectos de colaboração, o trabalho em grupo e a organização para apresentar a solução para as tarefas exploratórias propostas, o que abre possibilidades para futuras investigações tendo em vista a observação desta lacuna nas pesquisas efetuadas no interior do grupo de pesquisa.

AGRADECIMENTO

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, V. H. R. B. **Aspectos histórico-epistemológicos das pesquisas sobre tecnologias digitais no Encontro Nacional de Educação Matemática.** Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Educação Matemática) – Programa de Pós Graduação em Educação em Ciências e Educação Matemática, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, Cascavel – Pr, 2020.
- BENTO, D. **O sistema tutorial para EAD.** São Paulo, SP: Cengage, 2016.
- BICUDO, M. A. V. **Filosofia da Educação Matemática:** fenomenologia, concepções, possibilidades didático-pedagógicas. Scielo – Ed. UNESP, 2010.
- BORBA, M.C.; MALHEIROS, A.P.S.; ZULATTO, R.B.A. **Educação à Distância online.** 2.ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2008.
- BORBA, M. C.; SILVA, R. S. R.; GADANIDIS, G. **Fases das tecnologias digitais em Educação Matemática:** Sala de aula e internet em movimento. 1^aed. Belo Horizonte: Autêntica Editora, (Coleção Tendências em Educação Matemática). 2015.
- COUTO, A. F; FONSECA, M. O. S.; TREVISAN, A. L. Aulas de Cálculo Diferencial e Integral organizadas a partir de episódios de resolução de tarefas: um convite à Insubordinação Criativa. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, [S. l.], v. 8, n. 4, p. 50–61, 2017. DOI: 10.26843/renccima.v8i4.1493. Disponível em: <https://revistapos.cruzeirodosul.edu.br/renccima/article/view/1493>. Acesso em: 13 dez. 2023.
- COUTO, A. F.; TREVISAN, A. L. Cálculo interativo: um ambiente virtual de suporte às aulas de cálculo diferencial e integral. **Hipátia**, Campos do Jordão, v. 2, n.1, p. 16-25, jun. 2017. Disponível em: <https://ojs.ifsp.edu.br/hipatia/article/view/684/178>. Acesso em: 01 dez. 2025.
- ESPÓSITO, Vitória Helena Cunha. Hermenêutica: Estudo Introdutório. **Caderno II da Sociedade de Estudos e Pesquisas Qualitativas**, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 85-112, 1991. (Universidade Estadual de Campinas).
- FIORENTINI, D.; LORENZATO, S. **Investigação em educação matemática:** percursos teóricos e metodológicos. Campinas/SP: Autores Associados, 2007. (Coleção Formação de Professores).
- GARNICA, A. V. M. Algumas notas sobre pesquisa qualitativa e fenomenologia. **Interface – comunicação, saúde, educação**, v. 1, n.1, p. 109-122, 1997.
- HENNING, R. F. **Análise de uma tarefa exploratória aliada ao uso de Tecnologias Digitais em aulas de Cálculo no contexto remoto.** 2023. 196 folhas. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2023.
- JEANNOTTE, D.; KIERAN, C. A conceptual model of mathematical reasoning for school mathematics. **Educational Studies in Mathematics**, Utrecht, v. 96, n. 1, p. 1-16, 2017.
- KILPATRICK, J., SWAFFORD, J., & FINDELL, B. **Adding it up: Helping children learn mathematics.** The National Academies Press: Washington, DC, USA, 2001.
- KLÜBER, T. E. Atlas.ti. como instrumento de análise em pesquisa qualitativa de abordagem fenomenológica. **ETD – Educação Temática Digital**, Campinas, v. 16, n. 1, p. 5-23, 2014.
- LOPES, E. J. S. **O uso do Excel como ferramenta no ensino de funções afins.** Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – UFRGS, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/134476>. Acesso em: 22 ago. 2023.
- MENEGHETTI, F. K. O que é um ensaio-teórico. **Revista de Administração Contemporânea**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 320-332, 2011.
- MORAES, M. C. Informática Educativa no Brasil: um pouco de história... **Em Aberto**, Brasília, v. 12, n. 57, p. 17-26, 1993. Disponível em: <https://bit.ly/3a3TXnP>. Acesso em: 07 ago. 2023.
- OTERO-GARCIA, Sílvio César; SILVA, Tatiane Taís Pereira da. Pressupostos da Hermenêutica das Profundidades e suas Potencialidades para a Pesquisa em Educação Matemática. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 15, n. 3, p. 551-571, set./dez, 2013. Disponível em: <http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/540/752>. Acesso em: 01 dez. 2025.

- PALMER, R. E. **Hermenêutica**. Tradução de Maria Luísa Ribeiro Ferreira. Lisboa: ed. 70, 1969.
- 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.
- SANTOS, M. I. F.; SILVA, R. R.; CORDEIRO JUNIOR, R. A. O Software Geogebra como ferramenta de ensino nas disciplinas de cálculo. **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 2169-2179, 2020. Brazilian Journal of Development.
- SBEM. Sociedade Brasileira de Educação Matemática. <https://www.sbembrasil.org.br/sbembrasil/index.php/grupo-de-trabalho/gt/gt-04>.
- SOUZA, F. R. **Educação geométrica para a geração Z: propostas de ensino de geometria através do Autocad 3Ds Max**. Dissertação (Mestrado em Matemática) – Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional – PROFMAT, Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, São Luís – MA, 2021.
- TREVISAN, A. L. Raciocínio matemático em aulas de cálculo diferencial e integral: Uma análise a partir de tarefas exploratórias. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, Edição Especial, p. 1-23, dez. 2022. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/15667>>. Acesso em: 13 dez. 2023.
- TREVISAN, A. L.; MENDES, M. T. Ambientes de ensino e aprendizagem de cálculo diferencial e integral organizados a partir de episódios de resolução de tarefas: uma proposta. **REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA**, v. 11, p. 209-227, 2018.
- VALENTE, J. A.; ALMEIDA, M. E. B. de. Tecnologias digitais, tendências atuais e o futuro da educação. In: **Panorama Setorial da Internet**. Número 2. jun. 2022. Disponível em: <<https://cetic.br/media/docs/publicacoes/6/20220725145804/psi-ano-14-n-2-tecnologias-digitais-tendencias-atuais-futuro-educacao.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2023.
- WALTER, S. A.; BACH, T. M. Adeus papel, marca-textos, tesoura e cola: Inovando o processo de análise de conteúdo por meio do Atlas. In: **SEMINÁRIOS DE EMPREENDEDORISMO E EDUCAÇÃO**, 12, 2009. São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2009.
- YACKEL, E.; COBB, P.; WOOD, T. Small-group interactions as a source of learning opportunities in second-grade mathematics. **Journal for Research in Mathematics Education**, v. 22, n.5, p. 390–408, 1991.

Submetido em setembro de 2024.

Aprovado em julho de 2025.

Adan Santos Martens

Doutorando em Ensino de Ciência e Tecnologia pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, Paraná, Brasil. Mestre em Educação pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE). Professor da Carreira de Magistério do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Instituto Federal do Paraná (IFPR), Irati, Paraná, Brasil. ID Lattes: 6283467103791489. Orcid ID: 0009-0007-3035-1476.

Contato: adanm9090@gmail.com

André Luis Trevisan

Doutor em Ensino de Ciências e Educação Matemática (UEL), Londrina, Paraná, Brasil. Professor da Carreira de Magistério do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Londrina, Paraná, Brasil. Docente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia da UTFPR, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. ID Lattes: 3166010229447391. Orcid ID: 0000-0001-8732-1912.

Contato: andreluistrevisan@gmail.com

Alessandra Dutra

Doutora em Linguística e Língua Portuguesa pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Araraquara, São Paulo, Brasil. Professora da Carreira de Magistério do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Londrina, Paraná, Brasil. Docente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia da UTFPR, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. ID Lattes: 6750951618583167. Orcid ID: 0000-0001-5119-3752.

Contato: alessandradutra@utfpr.edu.br

Sani de Carvalho Rutz da Silva

Doutora em Ciência dos Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. Professora da Carreira de Magistério do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Londrina, Paraná, Brasil. Docente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia da UTFPR, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. ID Lattes: 5694972079639390. Orcid ID: 0000-0002-1548-5739.

Contato: sanirutz@gmail.com