

ARTICULAÇÕES ENTRE O ENSINO DE CÁLCULO E O TPACK

ARTICULATIONS BETWEEN CALCULUS TEACHING AND TPACK

Jerônimo Becker Flores

Doutor em Educação em Ciências e Matemática pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC/RS)

Professor visitante do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), campus Bento Gonçalves

jeronimobecker@gmail.com

Resumo

O ensino de Cálculo Diferencial e Integral tem se mostrado desafiador para professores e estudantes, sendo uma disciplina caracterizada por reprovação e causa de evasão no ensino superior. Nesse contexto, repensar as práticas parece ser um caminho urgente e necessário para o redimensionamento do cenário observado. O modelo TPACK (*Technological Pedagogical Content Knowledge*) insere-se como uma possibilidade para mitigar o problema. A abordagem da investigação é qualitativa, do tipo estudo de caso, cujo *corpus* foi ponderado por meio da Análise Textual Discursiva (ATD). A partir das lentes dos professores, são analisadas as perspectivas da inclusão dos recursos tecnológicos digitais nas aulas de Cálculo, pressupondo a articulação entre conhecimentos pedagógicos, tecnológicos e do conteúdo. Os resultados indicam compreensões relativas às funcionalidades dos meios digitais, mas dificuldades no uso pedagógico. Insuficiências na estrutura física também ficaram evidenciadas.

Palavras-chave: TPACK; Cálculo Diferencial e Integral; Tecnologias digitais na Educação.

Abstract

Teaching Differential and Integral Calculus has proven to be a challenge for both educators and students, often marked by high failure rates and contributing to dropout in higher education. In this context, rethinking pedagogical practices emerges as an urgent and necessary step toward reshaping this scenario. The TPACK model (*Technological Pedagogical Content Knowledge*) presents itself as a potential strategy to mitigate these issues. This study adopts a qualitative case study approach, with its corpus analyzed through Discursive Textual Analysis (DTA). From the teachers' perspectives, the research explores the integration of digital technological resources in Calculus classes, emphasizing the interplay between pedagogical, technological, and content knowledge. The findings reveal an understanding of the functionalities of digital tools yet highlight difficulties in their pedagogical application. Limitations in physical infrastructure were also evident.

Keywords: TPACK; Differential and Integral Calculus; Digital technologies in Education.

1 INTRODUÇÃO

O ensino de Cálculo Diferencial e Integral tem se constituído em um desafio para os estudantes e professores, sendo regularmente uma disciplina caracterizada por reprovação, evasão e dificuldades no estabelecimento de laços entre os aspectos teóricos e práticos. A aplicabilidade do Cálculo em distintas áreas de conhecimento, tais como Engenharia, Economia e Física, por exemplo, parece não se refletir nas práticas adotadas em sala de aula, tampouco na aprendizagem dos estudantes (Flores, 2018).

A necessidade de se redimensionar esse quadro há tempos é problematizada por autores, como Oliveira e Raad (2012), Müller (2015), Flores (2018), dentre outros. As mudanças nas práticas e concepções pedagógicas, a partir da inclusão das tecnologias digitais, bem como a necessidade da formação de um sujeito crítico e reflexivo, são tônicas presentes nessas obras. Em busca de transformações para essa conjuntura, o modelo TPACK (*Technological Pedagogical Content Knowledge*) emerge como uma abordagem promissora para a integração dos conhecimentos tecnológicos aos pedagógicos e de conteúdo, em busca de práticas mais efetivas em relação à aprendizagem. Nesse contexto, entende-se que a simples inserção do recurso tecnológico digital não é condição suficiente para a promoção de mudanças, sendo necessário um olhar atento para como isso pode ser integrado às práticas, de modo a promover alterações em relação às formas como o sujeito percebe e internaliza o conhecimento.

Neste trabalho, parte-se do pressuposto de que o modelo TPACK aplicado ao ensino de Cálculo pode se constituir em um caminho viável para a condução a melhores resultados em relação à aprendizagem dessa disciplina. Em direção às compreensões para essa temática, o problema de pesquisa é assim descrito: Como o modelo TPACK pode favorecer mudanças no ensino de Cálculo, para promover resultados mais favoráveis em relação à aprendizagem?

Emerge dessa interrogação o objetivo geral de se compreender como o modelo TPACK pode favorecer mudanças pedagógicas e tecnológicas no ensino de Cálculo, de modo a promover melhores e mais efetivos resultados em relação à aprendizagem. Isso não é entendido como nota, mas como compreensão conceitual e estabelecimento de relações entre as dimensões teórica e prática, de modo a visualizar a disciplina como um recurso aplicável a distintos contextos e áreas.

Como passos anteriores a isso, elencam-se os seguintes objetivos específicos: (a) analisar as principais dificuldades enfrentadas por professores e estudantes em relação ao ensino e à aprendizagem de Cálculo, em relação aos aspectos tecnológicos, pedagógicos e de objetos do conhecimento; (b) caracterizar recursos tecnológicos digitais e estratégias pedagógicas condizentes com o modelo TPACK, de modo a propor aplicações integradas ao ensino de Cálculo; (c) assimilar como o modelo TPACK pode redimensionar as práticas docentes para compreender seus possíveis efeitos na aprendizagem e na percepção dos estudantes sobre a disciplina; (d) propor orientações para práticas pedagógicas alternativas, a partir do modelo TPACK, para favorecer a contextualização e a aprendizagem de conceitos relativos ao Cálculo.

A pesquisa apresenta uma abordagem qualitativa, sendo do tipo estudo de caso. O *corpus* foi construído a partir de entrevistas, realizadas com cinco professores da disciplina. A análise seguiu as prerrogativas da Análise Textual Discursiva (ATD) (Moraes; Galiazzi, 2007), com a utilização de categorias emergentes, fundamentadas no arcabouço teórico.

Desse modo, o texto que segue inicia pela contextualização teórica, seguindo pelos aspectos metodológicos, trazendo os resultados e as discussões, para, então, finalizar com as

considerações para futuras interlocuções. Como limitador da proposta, entende-se que, em um momento futuro, o número de entrevistados poderá ser ampliado, trazendo compreensões distintas e mais complexas.

2 ENSINO DE CÁLCULO

A disciplina de Cálculo Diferencial e Integral desempenha um papel fundamental na formação de profissionais de diversas áreas do conhecimento, como Economia, Engenharia, Física e Matemática, entre outras, e sua presença é notável pela amplitude de aplicações que oferece. Segundo Stewart (2017), é incalculável o número de situações em que o Cálculo se mostra essencial, sendo uma ferramenta importante para modelar fenômenos, resolver problemas complexos e analisar contextos variados — como os relacionados à eletricidade, ao escoamento de fluidos, aos sistemas dinâmicos e a diversos processos físicos.

No entanto, esse campo de uso, de uma forma geral, não é percebido pelos estudantes de graduação (Soares, Sauer, 2004). Para Oliveira e Raad (2012), os entendimentos fazem vinculações com procedimentos mecânicos ou como algo apartado do cotidiano, sendo uma disciplina difícil e que comumente conduz à reprovação. Esse cenário despertou o interesse de distintos pesquisadores, que procuraram investigar não apenas o conteúdo, mas os processos pedagógicos relacionados a eles, bem como as concepções que norteiam as aulas.

Várias pesquisas já procuraram elucidar essa problemática. A falta de bases conceituais e a ausência de conhecimentos prévios necessários para o progresso (Müller, 2015; Flores, 2018), o nível de abstração e a complexidade da disciplina (Flores, 2018), práticas pedagógicas pautadas por repetições e procedimentos mecânicos (Soares; Sauer, 2004; Cabral 2015), além de questões de ordem cultural e epistemológicas (Oliveira; Raad, 2012) são possíveis vetores condutores às dificuldades de aprendizagem.

Lacunas conceituais em conteúdos relativos ao Ensino Fundamental e Médio se constituem em um dos principais obstáculos para a aprendizagem de Cálculo (Müller, 2015). Nas palavras da autora, “entre os conteúdos estudados no Ensino Médio, muitas vezes, o conceito de função, extremamente necessário para os estudantes de Cálculo, não é trabalhado, sendo apenas trabalhado gráficos de algumas funções” (Müller, 2015, p. 25). A ausência desse e de outros conteúdos na bagagem conceitual prévia dos estudantes constitui-se em um entrave para o progresso na disciplina, encontrando subsídios na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (2003).

Para Ausubel (2003), a aprendizagem significativa é um processo em que um novo saber se ancora de forma substancial e não arbitrária em um conhecimento anterior. Moreira (2012) trata da ideia de não arbitrariedade, definindo que a ancoragem não ocorrerá de forma aleatória, mas em conhecimentos prévios já consolidados, definidos como *subsunçores*. Eles podem ser concepções, ideias ou representações já presentes na estrutura cognitiva, que servem de referência para uma nova aprendizagem, mas que também se modificam ou ganham maior estabilidade nesse processo (Moreira, 2012).

No contexto das práticas docentes em Cálculo, a necessidade de saberes prévios torna-se evidente.

[...] há uma grande quantidade de conceitos e propriedades, em particular dos conjuntos numéricos, que precisam estar disponíveis na estrutura cognitiva do aluno para que ele aprenda conteúdos, como os de limites, continuidade, derivadas e

integrais. Entre esses, podem ser citados: as operações e propriedades definidas nos conjuntos numéricos, as relações de ordem nesses conjuntos, a noção de distância, o módulo de um número real, etc. (Müller, 2015, p. 23).

O trecho supracitado evidencia um dos pontos nevralgicos da teoria de Ausubel (2003): a necessidade de conhecimentos prévios na estrutura cognitiva, para as possibilidades de novas aprendizagens significativas. Nesse contexto, elementos de matemática básica emergem como fundamentais na aprendizagem de Cálculo. Sem eles, a aprendizagem tende a ser incompleta, fragmentada e mecânica, comprometendo a capacidade de relacionar e contextualizar.

Entende-se, a partir de Ausubel (2003), a necessidade de ações voltadas à resolução dessas fragilidades. No entanto, Flores (2018) situa que muitas ações voltadas para isso apenas ampliam a problemática, pois seguem mecanizando os procedimentos, sem explorar e contemplar as reais fragilidades. Como possibilidade de contorno para o entrave, Müller (2015) assevera a necessidade de o professor mapear as bases conceituais dos estudantes, por intermédio de avaliações diagnósticas, com o direcionamento para objetos de aprendizagem específicos, em acordo com as fragilidades observadas. Na mesma direção, Flores (2018) também sugere esse inventário, preconizando a monitoria como uma possibilidade para a aquisição da base conceitual necessária para a sequência dos estudos, podendo, assim, minimizar os números de reprovação e de evasão.

Outro ponto referido como um possível vetor de insucesso na disciplina são as abstrações e a complexidade intrínsecas à própria área. Para Flores (2018), isso se vincula à pouca exploração desse aspecto, inclusive no ensino superior, e a forma como as ideias são apresentadas, normalmente com uma abordagem analítica, sem o estabelecimento de relações com situações aplicáveis. Para o autor, as dificuldades já se iniciam no conteúdo de limites, pois essa temática pressupõe a necessidade de compreensões relacionadas ao comportamento de uma função, em termos de aproximação, além de noções de infinitesimais. O ensino de limites, regularmente, é pautado por procedimentos algébricos, sem a exploração da abordagem visual e geométrica (Flores, 2018). Entender a necessidade do aspecto visual à mediação pedagógica do conteúdo de Cálculo nos direciona para a teoria dos três mundos da matemática, de David Tall (2013), que vem sendo amplamente empregada como referência para o ensino dessa disciplina.

Tall (2013) preconiza a aprendizagem matemática como um percurso não linear por três mundos da matemática: o conceitual corporificado, o simbólico e o formal axiomático. Essa fundamentação teórica visa compreender como ocorre o desenvolvimento do pensamento matemático no sujeito ao longo de suas vivências e experiências com o objeto do conhecimento.

O mundo corporificado refere-se ao modo como os conceitos matemáticos emergem de experiências, não apenas físicas, mas também sensoriais e mentais. Desse modo, “o sujeito pode visualizar, manipular, representar e explorar as propriedades de um objeto matemático de forma física ou mental” (Flores, 2018, p. 54). Para Tall (2013), esse mundo estabelece relações com os construtos desenvolvidos pela ação do sujeito, complexificando-se até a formação de imagens mentais cada vez mais sofisticadas, denominadas como *imagem de conceito*. Esse construto é individual e pode condizer, ou não, com a definição formal, pois também se relaciona com a trajetória e as construções individuais. Flores (2018, p. 36) exemplifica: “um sujeito teve uma experiência com uma bola e a compreendeu, a partir de sua relação com o objeto, como um círculo. Quando ele precisar evocar os conceitos de esfera, é possível que faça confusões com a ideia de círculo e vice-versa”. Nesse caso, um conceito mal compreendido ou mal estruturado pode interferir em aprendizagens futuras, especialmente em relação a objetos geométricos bidimensionais e tridimensionais. O ensino de volume do sólido de revolução, por

exemplo, em que existe a rotação de uma curva sobre um eixo, poderia ser comprometido com a construção equivocada referida pelo autor.

Assim, a representação mental e as formas como os conceitos são percebidos constituem-se em elementos fundamentais para a aprendizagem. Sendo tais construtos passíveis de erros, faz necessário o mapeamento das *imagens de conceito* construídas aprioristicamente, pois formações equivocadas podem causar comprometimentos na aprendizagem.

Já o mundo proceitual simbólico está relacionado ao uso de símbolos na representação e na operação de conceitos formados anteriormente no mundo corporificado. Compreende manipulações, representações simbólicas e algoritmos. Para Tall (2013), os conceitos matemáticos possuem uma dimensão simbólica, sintetizando as ações sobre os próprios conceitos. Esse mundo pode ser entendido como uma transição entre a orientação concreta do mundo corporificado e formalismo da próxima esfera: o mundo formal axiomático.

O mundo formal axiomático caracteriza-se como o desenvolvimento do pensamento matemático a partir de axiomas, de definições e de deduções formais (Tall, 2013). Müller (2015), por sua vez, enfatiza o baixo nível de exploração desse mundo na Educação Básica, sendo mais comumente observado apenas em cursos de bacharelado, mestrado ou doutorado em matemática pura. A autora enfatiza que no ensino de limites, por exemplo, de uma forma geral, ocorre uma manipulação algébrica e repetição de procedimentos padronizados, sem definições formais acerca do conceito, produzindo lacunas na dimensão formal axiomática. Em acordo com o que preconiza Tall (2013), o sujeito terá uma compreensão mais plena da Matemática quando houver um percurso por esses três mundos, sem sobreposição de um aspecto sobre o outro.

A ausência de trânsito pelos três mundos tende a conduzir a entraves em aspectos como abstração, compreensão de infinitesimais e taxas de variações, por exemplo (Müller, 2015; Flores, 2018). A história da Matemática indica a abordagem de Isaac Newton a partir de taxas de variações, com um enredo físico, ou seja, uma grandeza variando ou fluindo em relação ao tempo. Já Leibniz conduzia os estudos sobre as derivadas com uma proposta mais algébrica, fazendo uso de uma noção mais intuitiva (Stewart, 2017). Analisar esse aspecto histórico da Matemática, a partir de Tall (2013), conduz ao uso concomitante de ambas as abordagens, articulando álgebra e geometria, prática favorável ao percurso pelos três mundos.

A conexão entre essas ênfases parece não ser algo simples, pois contrapõe o modo convencional com que as aulas são engendradas, geralmente sendo pautadas por algoritmos, procedimentos e repetições padronizadas (Soares; Sauer, 2004). Nessa conjuntura, o professor expõe o conteúdo, cabendo aos alunos memorizar, anotar e reproduzir a explanação nas futuras avaliações.

A necessidade de redimensionamento desse quadro é situada em distintas investigações. Autores como Müller (2015) e Flores (2018) situam a inclusão das tecnologias digitais como uma possibilidade viável para isso. Na visão deles, a inclusão dos recursos tecnológicos digitais, em sintonia com práticas pedagógicas voltadas à autonomia e ao protagonismo discente, pode modificar esse cenário. As interfaces digitais favorecem a exploração da geometria, facilitam a visualização e apresentam o potencial para estabelecer o percurso pelos três mundos da Matemática, podendo, assim, proporcionar a aprendizagem, na perspectiva de Tall (2013).

No entanto, a inserção de tecnologias parece não ser condição suficiente para a assimilação de saberes, sendo necessário um olhar para as práticas pedagógicas desenvolvidas conjuntamente com esses recursos. Flores e Pescador (2013) problematizam a inserção das tecnologias quando apartadas de mudanças epistemológicas nas práticas e concepções vigentes.

Para os autores, é comum o estabelecimento de suportes invasores para a reprise de práticas convencionais, fundamentadas no paradigma positivista, pautadas no acúmulo de informações, com a repetição de procedimentos e a mecanização. Ainda, a inclusão de recursos tecnológicos digitais no cotidiano da sala de aula vincula-se ao rompimento desse modelo e à abertura de outras possibilidades. O uso de interfaces voltadas à simulação e à modelagem, por exemplo, em conjunto com práticas direcionadas a perceber o estudante como protagonista e o professor como mediador, tendem a ser mais bem-sucedidas. São mudanças complexas, pois interferem em questões relacionadas à cultura e à visão de mundo do professor.

Questões de ordens paradigmáticas são abordadas por Oliveira e Raad (2012), cujos textos aprofundam as dificuldades inerentes ao ensino de Cálculo a partir de uma dimensão cultural e epistemológica. Os autores situam a existência de uma cultura de reprovação nessa disciplina, sendo o insucesso entendido como algo habitual e até esperado. Dessa forma, o docente com um elevado número de reprovações pode ser considerado um bom professor, transferindo a responsabilidade pela aprendizagem exclusivamente para os discentes. Mudanças nesse quadro parecem passar necessariamente pela formação do docente, envolvendo o repensar de crenças historicamente estabelecidas (Oliveira; Raad, 2012).

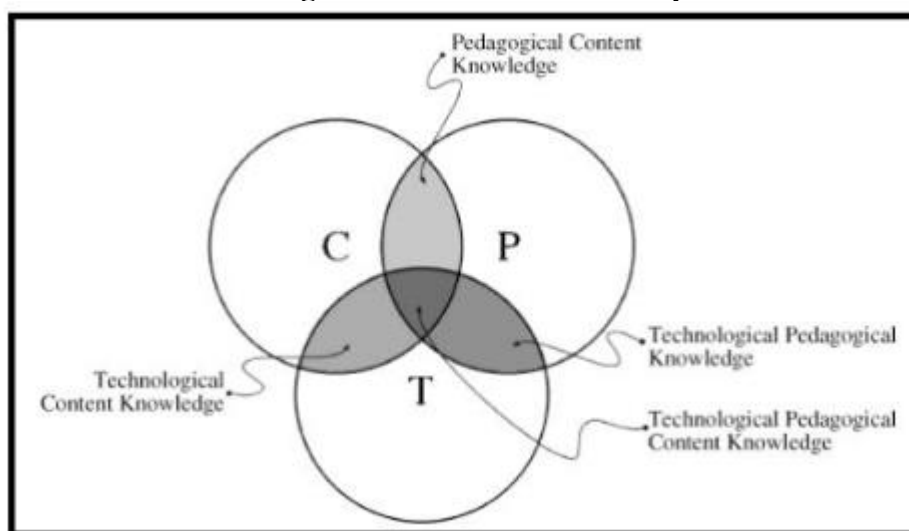
O cenário exposto nos parágrafos acima aponta para a necessidade de reestruturação da prática educativa em Cálculo, a partir de perspectivas favoráveis aos aspectos visuais, articulando a ênfase analítica à geométrica (Tall, 2013). A inclusão de tecnologias digitais articuladas a práticas pedagógicas voltadas à percepção do estudante com um ser ativo, crítico e reflexivo parece ser uma via adequada para tanto.

Assim, a inclusão da tecnologia digital no cotidiano educacional pressupõe que o professor tenha não apenas conhecimentos técnicos relativos ao uso operacional do recurso, mas, também, conte com um arcabouço de habilidades voltadas aos aspectos pedagógicos, além do próprio conteúdo. O modelo TPACK oferece uma possibilidade para a integração entre conteúdo, pedagogia e tecnologia, conduzindo ao repensar das práticas. Essa perspectiva teórica é abordada nos parágrafos seguintes.

3 TPACK

TPACK é uma sigla para *Technological Pedagogical Content Knowledge*, traduzido como Conhecimento Tecnológico-Pedagógico do Conteúdo, sendo um construto teórico voltado aos conhecimentos necessários para o professor incluir as tecnologias digitais na sala de aula, de forma a conduzir a aprendizagem. Na visão de Mishra e Koehler (2006), essa integração depende de três componentes principais: conhecimento do conteúdo (CK), relativo às especificidades específicas da área; conhecimento tecnológico (TK), relacionado à fluência digital; e conhecimento pedagógico (PK), vinculado às estratégias pedagógicas e à gestão da sala de aula.

As interseções entre os elementos dessa tríade formam categorias de habilidades híbridas: conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK), conhecimento tecnológico do conteúdo (TCK), conhecimento tecnológico e pedagógico (TPK). Já a intersecção entre o CK, TK e PK formam o conhecimento Tecnológico-Pedagógico do conteúdo (TPACK), sendo uma estrutura teórica passível de integrar tecnologias digitais às práticas pedagógicas de maneira a proporcionar a aprendizagem (Mishra; Koehler, 2006). A Figura 1, a seguir, ilustra um diagrama, demonstrando as intersecções entre os construtos teóricos

Figura 1: TPACK e seus componentes.

Fonte: Mishra e Koehler, 2006.

O modelo TPACK amplia as ideias de Shulman (1986) a respeito do conhecimento pedagógico do conteúdo, incluindo a dimensão tecnológica como um componente relevante para a educação no contexto contemporâneo, imerso na cultura digital. Mishra e Koehler (2006) enfatizam as conexões entre conteúdo, pedagogia e tecnologia, sendo um processo dinâmico e sistêmico.

Nessa perspectiva, a inclusão das tecnologias digitais na sala de aula pressupõe o desenvolvimento de concepções relacionadas não apenas ao uso da tecnologia, mas às formas de como ensinar nesse contexto e nas relações emergentes desse cenário (Mishra; Koehler, 2006). As práticas desenvolvidas relacionam-se a articulações estabelecidas entre tecnologia, pedagogia e conteúdo. O sucesso dessa integração vincula-se ao desenvolvimento, por parte do professor, de competências específicas para a aplicação dos recursos tecnológicos digitais de forma pedagógica, contextualizada e alinhada aos objetos do conhecimento.

Avulta a necessidade de o professor refletir sobre a sua prática criticamente, modificando e transformando suas atitudes a partir do observado em sala de aula. Há tempos Alarcão (2001) já preconizava uma docência nessa perspectiva, defendendo um planejamento das ações docentes a partir de experiências anteriores. Ao incluir a TPACK nos processos de ensino e de aprendizagem, afloram-se as necessidades de seleção dos recursos tecnológicos adequados a cada conteúdo, bem como sua análise. O pensar e o repensar em atividades voltadas à aprendizagem, o fomento aos ambientes de aprendizagem flexíveis e personalizados e a avaliação dos impactos desses recursos no cotidiano da aula tornam-se ações fundamentais nessa conjuntura (Mishra; Koehler, 2006).

O TPACK é capaz de oferecer um arcabouço teórico passível de orientar práticas docentes, assim como o planejamento de intervenções no cenário educacional. Ele propõe uma abordagem crítica e reflexiva acerca do papel das tecnologias digitais no ensino, não apenas como ferramentas, mas enquanto elementos vinculados às práticas pedagógicas, possibilitando modificações em seus enredos.

Em relação ao ensino de Cálculo, esse modelo pode oferecer contribuições para a superação dos entraves referidos por Flores (2018) e Müller (2015), redimensionando os cenários e favorecendo, portanto, a aprendizagem.

4 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Esta investigação apresenta uma abordagem qualitativa, em acordo com as prerrogativas de Bogdan e Biklen (1994). Esse delineamento pressupõe a busca por significados explícitos e implícitos, priorizando a complexidade, a subjetividade e o detalhamento do *corpus* de pesquisa. Os autores reconhecem a busca por significados, considerando as particularidades e o contexto de inserção da pesquisa, permitindo um trabalho flexível e detalhado, valorizando os aspectos imateriais envolvidos.

O tipo de pesquisa é o Estudo de Caso, em acordo com Yin (2010). Para o autor, o emprego dessa perspectiva é adequado quando existe a exploração de fenômenos complexos, sem a existência de uma fronteira clara entre o fenômeno e o contexto. Além disso, permite a exploração de casos complexos, admitindo a realização de triangulações e trazendo compreensões acerca do impacto do ambiente no fenômeno. No Estudo de Caso, o pesquisador se abstém de controlar ou manipular variáveis, adotando uma postura não interventiva diante do fenômeno investigado. Considerando que as tecnologias digitais na educação constituem-se em um fenômeno contemporâneo, marcado por complexidade e inserido em uma conjuntura específica, a escolha pelo Estudo de Caso revela-se pertinente e metodologicamente adequada para esta investigação.

O *corpus* de pesquisa foi composto por entrevistas semiestruturadas, realizadas com docentes de Cálculo de instituições de ensino superior (IES) do Rio Grande do Sul. O critério de escolha foi o de amostra intencional, na perspectiva de Moraes e Galianzi (2007), ou seja, a escolha de elementos convergentes com os objetivos do pesquisador. Buscaram-se instituições que desenvolvessem cursos de Cálculo, com um contato inicial realizado a partir do endereço eletrônico disponível. Foram expostos os objetivos da proposta e solicitado o contato do professor para entrevista. Cinco professores, por sua vez, aceitaram participar do processo, número que não fora definido aprioristicamente, mas a partir das condições oferecidas pelo próprio cenário. Os professores foram denominados PR1, PR2, PR3, PR4 e PR5, sem nível de hierarquia, mas em acordo com a temporalidade do seu retorno.

As produções textuais, compostas por gravações das verbalizações dos professores nas entrevistas, foram analisadas sob a perspectiva da ATD (Moraes; Galianzi, 2007). Esse método analítico é composto por três ciclos recursivos: unitarização, categorização e comunicação.

A unitarização consiste na desmontagem dos textos, na busca de suas menores unidades constituintes. Já a categorização consiste no estabelecimento de relações e de organização entre as unidades de sentidos semelhantes. Nesta investigação foram utilizadas categorias emergentes, construídas a partir do próprio *corpus*, em um processo de comparação e de contraste, não significando abandonar o arcabouço teórico. Emergiram duas categorias: dificuldades e oportunidades. Dificuldades são os entraves enfrentados pelos docentes na integração dos recursos tecnológicos digitais no cotidiano da aula, enquanto as oportunidades são as percepções positivas em relação à aprendizagem de Cálculo nesse contexto. Ambas foram divididas em três subcategorias: pedagógicas, tecnológicas e de conteúdo.

Como terceiro ciclo, a comunicação consiste em apresentar os resultados para a comunidade, a partir de publicações, como, por exemplo, periódicos ou em eventos da área (Moraes; Galianzi, 2007), etapa contemplada neste artigo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nos parágrafos seguintes são tratadas as concepções emergentes, a partir do processo analítico, conduzido a partir da Análise Textual Discursiva, procurando-se as concepções docentes sobre os recursos tecnológicos digitais, sob a perspectiva do TPACK. As verbalizações são descritas e interpretadas à luz do referencial teórico considerado.

5.1 AS DIFICULDADES

A categoria *dificuldades* vincula-se aos entraves e às fragilidades conceituais ou estruturais relacionados à integração tecnológica no contexto das aulas de Cálculo. Está dividida em três subcategorias emergentes: pedagógica, tecnológica e de conteúdo.

Inicialmente, observam-se, de uma forma geral, os professores conhecendo os recursos tecnológicos digitais, mas não conseguindo convertê-los em ações passíveis de promover a aprendizagem. Nesse cenário, o TPACK não se consolida a partir da dimensão pedagógica, podendo ser comparado à ausência de uma haste de um tripé, inviabilizando a sustentação de um dado suporte.

Consoante aos argumentos apresentados acima, a fala de PR1 indica a existência de conhecimentos voltados ao uso do recurso e ao conteúdo, mostrando, no entanto, fragilidades em relação ao aspecto pedagógico: “Conheço o conteúdo, dou aula disso há muito tempo, a tecnologia eu também domino, até já dei aula disso. Agora, o problema é relacionar isso com a aula” (PR1). A verbalização do entrevistado, quando analisada a partir do TPACK (Mishra; Koehler 2006), explicita a presença de duas perspectivas do modelo: os conhecimentos tecnológico e do conteúdo. No entanto, sinaliza para limitações de conhecimento pedagógico, uma vez que o professor não integra os recursos com o cotidiano da aula. Essa fragilidade é referida por Gutiérrez-Fallas e Henriques (2021) como reflexos decorrentes de formações docentes direcionadas unicamente à dimensão intramental da tecnologia, não abordando as distintas formas de ensinar e de aprender nesse cenário.

O relato supracitado não constitui um episódio isolado, sendo corroborado pela narrativa de PR2: “Sei que existem ferramentas para o ensino de Cálculo, e eu sei usar, mas parece que não encaixa com a aula”. Tal excerto evidencia o domínio técnico sobre as ferramentas digitais, porém revela uma limitação quanto à compreensão dos aspectos pedagógicos que orientam seu uso em prol da aprendizagem. Sob a ótica de Mishra e Koehler (2006), observa-se a ausência dos elementos que compõem o arcabouço TPACK, especialmente pela inexistência de articulação entre tecnologia e pedagogia no contexto da prática docente.

Análogo ao relato anterior, PR3 afirma: “para ensinar limites eu demonstro algumas aproximações com algum *software*”. A fala indica um uso demonstrativo, ou seja, em vez de apresentar os valores no quadro-negro, o professor faz uso do programa apenas como um facilitador. Esse tipo de ação é problematizado por Flores e Pescador (2013), que questionam a tecnologia como uma simples troca de suporte analógico pelo digital, sem oferecer impactos em relação à aprendizagem. Esse tipo de ação não se vincula às competências intrínsecas ao TPACK, pois não promove a integração entre o recurso digital, o conteúdo e a pedagogia subjacente. Contornar essa problemática parece passar necessariamente pela formação do professor, com o foco na integração dos recursos tecnológicos digitais ao planejamento e ao fomento da prática docente mediadora docente, com o amparo desses meios digitais.

Discurso similar é trazido por PR4: “Tenho dificuldade de integrar as tecnologias na aula por vários motivos: falta de estrutura física, internet e mesmo desconhecimento dos alunos. Apesar de ser uma geração conectada, apresenta dificuldades no GeoGebra, por exemplo”. O modelo TPACK, proposto por Mishra e Koehler (2006), estabelece uma inter-relação dinâmica entre as dimensões do conteúdo, da pedagogia e da tecnologia, visando à construção de práticas docentes integradas e eficazes. No entanto, a ausência de estruturas físicas adequadas — como equipamentos, conectividade ou ambientes digitais — compromete diretamente a dimensão tecnológica, dificultando a articulação entre os três pilares e, conseqüentemente, inviabilizando a integração preconizada pelo modelo. Além disso, a fala indica a necessidade de se desenvolverem as habilidades de letramento digital, relacionadas ao uso social competente dos recursos digitais, preconizados por Flores e Pescador (2013) há mais de uma década, mas que ainda parecem ser um debate necessário.

A estrutura física não é o ponto mais significativo, uma vez que a ação docente é o maior diferencial (Flores; Pescador, 2013), sendo também possível a computação *desplugada*. No entanto, para o desenvolvimento do TPACK na perspectiva considerada, é necessária uma estrutura mínima, cabendo às universidades e aos seus setores especializados a aquisição e a manutenção dos equipamentos, de modo que o professor consiga desenvolver suas ações sem que esse elemento se torne algo preocupante ou desafiador.

PR3, então, traz considerações acerca do uso do Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA): “O uso do ambiente virtual normalmente é superficial, sendo um espaço para colocar exercícios complementares, eu sei que existe mais potencial, mas os alunos acessam pouco”. O professor indica a existência de um AVA, porém enfatiza a manutenção do *status* inerente ao ensino de Cálculo, tornando-se apenas um meio distinto para a reprise das práticas já consolidadas. Flores (2018) problematiza as soluções pontuais para as práticas formativas relacionadas ao Cálculo, trazendo uma vestimenta inovadora, mas que, conceitualmente, tende a não representar inovações. Para o autor, “além de ser uma reprise da sala de aula convencional, de forma que os resultados produzidos por ambos serão similares: um sucesso pontual ou mesmo um insucesso em relação à nota, mas sem alterações significativas no que se refere à aprendizagem” (Flores, 2018, p. 211).

As falas doentes sugerem uma inserção da tecnologia digital sem a atribuição de um olhar pedagógico, indicando ausência em relação ao conhecimento pedagógico (Mishra; Koehler, 2006). Em busca de mitigar essa questão, sugerem-se perspectivas híbridas, alternando momentos presencias com o emprego do AVA para a realização de avaliações diagnósticas, conforme referido por Müller (2015), ou mesmo o uso de fóruns e *chats* em busca de propostas mais colaborativas.

Ausência ou insuficiência na formação docente foi um aspecto referido por distintos entrevistados, configurando-se, na visão deles, em um vetor de dificuldades tecnológicas. Para PR 3, “Os professores geralmente não recebem formação ou, se recebem, é só sobre o uso do *software*”. Esse viés instrumental da formação docente é comumente observado e questionado por Gutiérrez-Fallas e Henriques (2021). Nas palavras dos autores, “[...] a integração da tecnologia no ensino não deve ter como foco a própria tecnologia, mas a implementação de práticas em que os alunos se envolvam ativamente tornando a sua aprendizagem mais significativa” (Gutiérrez-Fallas, Henriques, 2021, p. 3). Essa perspectiva indica as tecnologias digitais não como um fim, mas como um meio para conduzir à aprendizagem.

Argumentos similares são trazidos por PR5: “O tempo para planejar aulas com ferramentas tecnológicas é curto e a formação continuada nessa área é quase inexistente.” A partir de Mishra e Koehler (2006), entende-se o desenvolvimento das habilidades do TPACK

como algo vinculado à formação docente. Lacunas nesses aspectos tendem a fazer com que as três dimensões (tecnológica, pedagógica e do conteúdo) se desenvolvam de forma desequilibrada. Por exemplo, professores acostumados a aplicar práticas convencionais podem negligenciar o uso dos recursos digitais ou usá-los para a reprise de práticas centradas na mecanização, aspecto amplamente problematizado por Flores (2018).

No que tange aos conteúdos, observa-se um número limitado de dificuldades atribuídas aos professores. Em seus discursos, de modo geral, há uma tendência à responsabilização dos estudantes pelo baixo desempenho. Flores (2018) já havia identificado esse cenário de tensão mútua, em que docentes alegam falta de empenho por parte dos alunos, enquanto estes apontam as aulas como desatualizadas e pouco atrativas. Na perspectiva do autor: “Quiçá ambas as partes tenham parcela de razão, quiçá também tenham parcela de responsabilidade pelo desencadear desse quadro” (Flores, 2018, p. 33). Diante disso, o autor defende a necessidade de redimensionar as práticas docentes, promovendo uma atuação mais mediadora e a criação de espaços efetivos de aprendizagem, como as monitorias. Nesse contexto, é recorrente a identificação de lacunas no domínio dos conteúdos por parte dos estudantes de Cálculo, o que evidencia a urgência de estratégias que enfrentem essa realidade, comum aos desafios próprios dessa disciplina.

Exemplificando as afirmações do parágrafo anterior, PR3 declara: “O maior problema está nos conteúdos limites, que é contraintuitivo para os alunos (*sic*)”. Em consonância, PR5 afirma: “Limites é a maior dificuldade, eles não conseguem aprender”. Tais relatos evidenciam a recorrência de dificuldades na abordagem do conceito de limites, já sinalizadas por Soares e Cury (2017), que apontam entraves na conceituação e sugerem estratégias inovadoras pautadas na visualização e na modelagem. Destaca-se, contudo, que nenhum dos entrevistados mencionou a necessidade de revisar ou transformar suas práticas pedagógicas. Diante desse cenário, propõem-se ações formativas voltadas ao desenvolvimento de concepções alinhadas à postura do professor reflexivo — aquele que transforma sua prática a partir da observação crítica do cotidiano escolar, conforme defendido por Alarcão (2001). Para a autora, é imprescindível adotar uma atitude investigativa diante da docência, como caminho para promover melhorias efetivas nos processos de ensino e de aprendizagem.

Refletir sobre as habilidades propostas pelo modelo TPACK (Mishra; Koehler, 2006), no contexto do ensino de limites, implica não apenas o domínio do conteúdo específico (CK – *Content Knowledge*), mas também o desenvolvimento de estratégias pedagógicas (PK – *Pedagogical Knowledge*) que tornem esse conteúdo mais acessível e significativo para os estudantes. A articulação entre essas dimensões é essencial para promover uma aprendizagem efetiva, especialmente diante da natureza abstrata e contraintuitiva do conceito de limites. A tecnologia digital pode constituir-se em uma estrutura para simular e modelar situações, levando à visualização e à manipulação de conceitos. O emprego de situações aplicáveis como, por exemplo, o escoamento de um fluido de um tanque, pode favorecer tanto a ideia intuitiva quanto o conceito. *Softwares* como o GeoGebra permitem a representação gráfica das funções que modelam o fenômeno, além de alterarem os parâmetros e observarem os comportamentos. Nesse cenário, um tanque preenchido com determinado líquido e com uma perfuração na sua base tem uma diminuição na coluna de líquido à medida que o tempo avança – processo passível de modelagem com o uso de limites.

5.2 AS OPORTUNIDADES

A categoria *oportunidades* vincula-se às possibilidades de desenvolvimento do processo de aprendizagem, a partir da integração das tecnologias digitais nas aulas de Cálculo, a partir dos conceitos de TPACK (Mishra; Koehler, 2006), a qual está dividida em três subcategorias emergentes, das seguintes ordens: pedagógica, tecnológica e de conteúdo

Iniciando as considerações, trata-se das falas de PR1: “Se eu uso o GeoGebra, posso representar graficamente a derivada, e fujo das ideias mais formais. Só que se eu não trouxer algum cenário, vira o gráfico pelo gráfico” (PR1). Em suas verbalizações, o entrevistado indica familiaridade com o *software*, trazendo indícios do conhecimento tecnológico, compreendendo também o conteúdo, pois abarca o conceito de derivadas e sua representação. Há também uma problematização pedagógica: ele reconhece que o uso sem uma mediação adequada conduz a uma aprendizagem menos efetiva. PR1 parece demonstrar um alinhamento com os pressupostos do TPACK (Mishra; Koehler, 2006).

Outra dimensão que despontou na fala de PR1 foi a integração entre os aspectos geométricos e analíticos do conceito de derivada. Essa perspectiva vem sendo preconizada, há tempos, como uma possibilidade para avanços no ensino de Cálculo. No entanto, Flores (2018) considera não ser suficiente a inserção vertical da geometria, sendo necessárias propostas voltadas à compreensão conceitual, a partir do trânsito entre as distintas representações, como, por exemplo, gráfica, simbólica e numérica. Nesse sentido, a geometria traz a dimensão visual; enquanto a álgebra, o aparato lógico e formal. Cabe ao professor desenvolver conexões entre essas duas ênfases. Essas ideias se encontram presentes nos discursos de PR1, como exposto em relação ao reconhecimento do *software* para representações gráficas, mas também a necessidade de mediação pedagógica para a aprendizagem do conteúdo.

Na mesma direção epistemológica dos argumentos anteriores, PR2 define: “a questão não é o *software* em si, mas a intencionalidade pedagógica; não basta apenas ter um facilitador de cálculos”. O professor demonstra compreender que o domínio operacional do recurso não é suficiente para conduzir à aprendizagem, apontando para a necessidade de fusão entre as dimensões pertencentes ao TPACK. A expressão “intencionalidade pedagógica” consiste em um olhar voltado ao planejamento didático e ao professor como mediador de situações. O posicionamento volta-se a tirar o foco da tecnologia e atribuir uma perspectiva sobre as decisões didáticas a serem tomadas em aulas, aspectos convergentes como o TPACK, na visão de Mishra e Koehler (2016). Ele parece reconhecer que o conhecimento tecnológico (TK) fará mais sentido quando estiver em consonância com práticas pedagógicas (PK), sendo conduzidas com uma abordagem do conteúdo (CK).

Consolidando ainda mais os argumentos já mencionados, ele ainda faz uma ressalva: “é necessária uma estrutura pedagógica e tecnológica e pedagógica que dê apoio ao professor nessa tarefa” (PR2). A declaração aborda a necessidade de relações estabelecidas entre a pedagogia e a tecnologia, para fornecer um subsídio ao docente na construção de sua abordagem acerca do conteúdo. Mesmo sem fazer citação direta, o entrevistado afirma que é necessária uma base congregadora dos elementos pertencentes à trinca do TPACK. Além disso, o excerto converge com as prerrogativas de Flores (2018), com a sugestão de uma estrutura de apoio ao ensino, não deixando o professor isolado em suas tarefas de sala de aula.

O pressuposto do uso dos recursos digitais como possibilidades de simulações é referido por PR1: “tem *softwares* que permitem simular o deslocamento de um carro, por exemplo. A derivada tem tudo a ver com isso. Para a engenharia isso faz muita diferença” (PR1). O relato

indica um ensino de derivadas mais voltado ao cotidiano, algo defendido por Müller (2015) e Flores (2018), contrapondo as práticas convencionais de mecanização e repetição, em acordo com Soares e Sauer (2004).

A tecnologia digital é vista como um meio para viabilizar a modelagem, favorecendo o aspecto visual e a relação do conceito com o cotidiano. No entanto, destaca-se a ênfase dada pelo entrevistado à área de Engenharia. Entende-se a relevância desse tipo de proposta como algo pertencente a todas as áreas permeadas pelo Cálculo, especialmente as Licenciaturas.

Tardif e Lessard (2008) problematizam a formação docente ao apontarem que professores iniciantes tendem a reproduzir os modelos de aula vivenciados durante sua trajetória formativa. Nesse contexto, o desenvolvimento de competências vinculadas ao modelo TPACK durante a Licenciatura pode favorecer práticas pedagógicas mais eficazes, ao estimular o uso de recursos visuais, modelagem e simulações no tratamento de conteúdos como derivadas. Tais abordagens contribuem para uma ruptura com metodologias tradicionais centradas na repetição algorítmica, promovendo uma aprendizagem mais significativa e contextualizada.

A inter-relação entre os saberes disciplinares, didáticos e tecnológicos, aspectos do TPACK, foi referida por PR2. “O ponto não é a ferramenta, mas como ele vai contribuir na aprendizagem daquele conteúdo em específico, o que pode ser diferente. Isso também envolve propor uma aula diferente, mais contextualizada, etc.”. Assim como entendem Gutiérrez-Fallas e Henriques (2021), o entrevistado atenta para o fato de a tecnologia, por si só, não representar inovações, sendo necessário um olhar para o conteúdo e para os direcionamentos das práticas de ensino.

Ainda se faz necessário destacar uma fala sobre o AVA, comumente utilizado no ensino universitário como um complemento para a aula convencional, perspectiva contraposta por PR1: “eu posso usar o Moodle para fazer avaliações diagnósticas, com *feedback* automático. Assim, antes de iniciar a aula, eu já posso perceber o que eles não sabem e propor uma retomada de conteúdos”. Conforme argumentos de distintos autores (Cabral, 2015; Müller, 2015; Flores, 2018), os conteúdos relativos ao Cálculo exigem uma base conceitual, nem sempre presente na bagagem de saberes dos estudantes. Mapear os conhecimentos prévios e propor intervenções a partir disso pode ser um caminho viável para contornar a problemática da ausência de bases conceituais. Na mesma direção, Cury (2007) entende os erros como um ponto de partida para a revisão das práticas, além de consistirem em sinalizadores de pontos para maior atenção do professor.

A perspectiva de PR2 indica o AVA como um recurso voltado ao desenvolvimento de atividades alternativas, como a avaliação diagnóstica, por exemplo, com o *feedback* automático, otimizando a análise do professor. A ação do docente foi o diferencial, bem como o pensar sobre as lacunas conceituais dos discentes. Esse é um exemplo de habilidade vinculada ao TPACK, com a atuação da tríade conteúdo, tecnologia e pedagogia.

6 CONSIDERAÇÕES PARA FUTURAS INTERLOCUÇÕES

A inserção das tecnologias digitais na Educação constitui um debate consolidado, embora ainda marcado por desafios significativos. Apesar da ampla produção acadêmica sobre o tema, observa-se que os avanços práticos permanecem tímidos, especialmente no que se refere ao redimensionamento das metodologias de ensino. Diante desse cenário, esta pesquisa se propôs a investigar de que forma o modelo TPACK pode contribuir para a transformação das práticas pedagógicas no ensino de Cálculo, com foco na promoção de aprendizagens mais significativas e contextualizadas.

Ao articular pedagogia, conteúdo e tecnologia, os recursos tecnológicos digitais perdem a concepção de ferramentas e tornam-se elementos integrados à ação docente e ao cotidiano da aula. Conteúdos tais como limites e derivadas são comumente expostos de forma mecânica e repetitiva. A partir do TPACK, o professor pode proporcionar a visualização, a manipulação e a modelagem de fenômenos, propondo, assim, relações entre o objeto do conhecimento e a dimensão prática. Por exemplo, utilizando o GeoGebra é possível modelarem-se situações envolvendo máximos e mínimos de funções, com a função lucro, por exemplo. A dimensão visual pode favorecer ao estudante a compreensão de que, no ponto em que a inclinação da reta tangente for zero, existe um ponto de máximo ou de mínimo. Essa classificação pode ocorrer tanto de forma visual, observando o comportamento do gráfico, quanto analiticamente, com o teste da derivada segunda. Entende-se que o uso de ambas as abordagens se constitui na opção mais propícia para a promoção da aprendizagem, segundo o referencial considerado neste texto.

O exemplo referido no parágrafo acima indica as possibilidades de múltiplas representações de um conceito, a partir do TPACK, contrapondo as formas convencionais, geralmente focadas exclusivamente na álgebra. As articulações entre os aspectos analíticos e geométricos podem ser consideradas como uma das possibilidades de redimensionamentos para o Cálculo, a partir da aplicação do modelo em questão.

Outra possibilidade consiste nas mudanças epistemológicas relacionadas às tecnologias digitais no contexto da sala de aula. De uma forma geral, são vistas como substitutas de tecnologias analógicas, como, por exemplo, o quadro-negro, o giz e o papel, mas que mantêm as concepções pedagógicas que norteiam o fazer docente. Com a adoção do TPACK, o professor passa a refletir criticamente sobre o conteúdo, as formas de ensinar a aprender e os motivos pelos quais os recursos digitais são usados, modificando a sua abordagem e conectando-se com os anseios dos estudantes.

Uma dificuldade ainda observada, vinculada à aplicação do conhecimento tecnológico, está na estrutura física. Ainda hoje são percebidos obstáculos nas instalações, na conexão à internet, em haver *hardware* adequado, dentre outros. Mesmo que o professor tenha competências voltadas ao TPACK, as limitações estruturais podem minimizar ou mesmo reduzir o seu desenvolvimento.

Cabe à universidade investir no fornecimento de infraestrutura adequada, de modo a proporcionar maiores possibilidades para o desenvolvimento dos processos de ensino e de aprendizagem. Sugere-se a consulta e o questionamento aos professores em relação a quais recursos e dispositivos seriam adequados para a sua aula, visando à aprendizagem dos conteúdos propostos na sua disciplina. As decisões em relação ao exposto seriam mais acertadas se tomadas em conjunto com as equipes docente, pedagógica e da tecnologia da informação (TI). Nesse cenário, avalia-se como a tecnologia se insere como uma possibilidade para favorecer o ensino e a aprendizagem.

No contexto da educação superior privada, torna-se premente problematizar o processo de mercantilização que transforma instituições de ensino em empreendimentos voltados prioritariamente ao lucro. Tal lógica compromete a qualidade da formação discente e precariza as condições de trabalho docente. Diante desse cenário, é imperativo investir continuamente na qualificação dos professores e na criação de ambientes que favoreçam o estudo, além de garantir o acesso equitativo a recursos digitais, que se configuram como elementos essenciais para a promoção de práticas pedagógicas inovadoras e inclusivas.

A análise do *corpus* indica que, de fato, existem avanços que podem ser alcançados a partir do modelo TPACK. No campo pedagógico, o professor pode repensar a sua prática, propondo ações em que o estudante tenha um envolvimento ativo, visualizando e explorando as distintas possibilidades. No âmbito tecnológico, as situações envolvendo simulações e modelagem para representar visualmente taxas de variações e limites, por exemplo, favorecem o percurso pelos três mundos da Matemática (Tall, 2013), conduzindo ao desenvolvimento do pensamento matemático e à aprendizagem. Já na esfera do conteúdo, proporciona um fluxo mais assertivo entre as distintas representações de um conceito, procurando integrar as abordagens algébrica, numérica e geométrica. Essa integração pode favorecer a aprendizagem de conteúdo, historicamente entendido como abstrato, muito em função da ênfase analítica em detrimento de outros enfoques.

Por fim, destaca-se a importância de investir continuamente na integração significativa das tecnologias digitais no contexto educacional, compreendendo-as não apenas como ferramentas, mas como elementos que dialogam com os conteúdos e com as práticas pedagógicas. O modelo TPACK propõe a articulação entre três dimensões fundamentais — o conhecimento do conteúdo (CK), o conhecimento pedagógico (PK) e o conhecimento tecnológico (TK) —, cuja intersecção permite que a tecnologia deixe de ocupar um lugar periférico e passe a compor, de forma orgânica, o cotidiano das aulas. Essa integração favorece práticas mais contextualizadas, dinâmicas e, portanto, alinhadas às demandas contemporâneas da aprendizagem.

REFERÊNCIAS

- ALARCÃO, Isabel. **Escola reflexiva e nova racionalidade**. Porto Alegre: Artmed, 2001.
- AUSUBEL, David Paul. (2003). **Aquisição e retenção de conhecimentos**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.
- BOGDAN, Robert.; BIKLEN, Sari. **Investigação Qualitativa em educação**. Tradução de Maria João Álvarez, Sara Bahia dos Santos e Telmo Mourinho Baptista. Porto, Portugal: Porto, 1994.
- CABRAL, Tânia Cristina Baptista. Metodologias alternativas e suas vicissitudes: ensino de matemática para engenharias. **Perspectivas da Educação Matemática**, Campo Grande, v. 8, n. 17, p. 208-245, 2015.
- CURY, Helena Noronha. **Análise de erros: o que podemos aprender com as respostas dos alunos**. Belo Horizonte: Autêntica, 2007.

FLORES, Jeronimo Becker. **Monitoria de Cálculo e processo de aprendizagem**: perspectivas à luz da sócio-interatividade e da teoria dos três mundos da matemática. 2018. 226 f. Tese (Doutorado em Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

FLORES, Jeronimo Becker; PESCADOR, Cristina Maria. O laptop educacional na escola: uma reflexão sobre inclusão digital. **RENOTE**, v. 11, p. 1-9, 2013. <https://doi.org/10.22456/1679-1916.41690>

GUTIÉRREZ-FALLAS, Luis Fabián; HENRIQUES, Ana. Princípios de design de uma experiência baseada no TPACK na formação inicial de professores de matemática. **Zetetike**, Campinas, SP, v. 29, n. 00, 2021.

MISHRA, Punya; KOEHLER, Matthew. Technological pedagogical content Knowledge: a framework for teacher knowledge. **Teachers College Record**, v. 108, p. 1017-1054, 2006. DOI: <https://psycnet.apa.org/doi/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. **Análise Textual Discursiva**. Ijuí: Unijuí, 2007.

MOREIRA, Marco Antônio. O que é afinal aprendizagem significativa? **Curriculum**, n. 2, v. 3, p. 1-27, 2012.

MÜLLER, Thaísa Jacintho. **Objetos de aprendizagem multimodais e o Ensino de Cálculo**: uma proposta baseada em análise de erros. 2015. 203 f. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Centro de Estudos Interdisciplinares em Novas Tecnologias na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

OLIVEIRA, Maria Cristina Araújo de; RAAD, Marcos Ribeiro. A existência de uma cultura escolar de reprovação no ensino de Cálculo. **Boletim GEPEM**, Rio de Janeiro, v. 61, p. 125-137, jul./dez. 2012.

SHULMAN, Lee S. Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. **Educational Researcher**. v. 15, n. 2, p. 4-14, fev. 1986.

SOARES, Eliana Maria do Sacramento; SAUER, Laurete Zanol. Um novo olhar sobre a aprendizagem de matemática para a engenharia. In: CURY, Helena Noronha (Org.). **Disciplinas matemáticas em cursos superiores**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2004.

SOARES, Gabriel de Oliveira; CURY Helena Noronha. O conteúdo de limite em cursos de licenciatura em matemática: uma pesquisa à luz da teoria dos três mundos da matemática. **Revista Brasileira de Educação em Ciências e Educação Matemática**. v. 1. n. 1., 2017.

STEWART, Ian. **Dezessete equações que mudaram o mundo**. Tradução de George Schlesinger. Rio de Janeiro: Zahar, 2013.

TALL, David. **How humans learn to think mathematically**: exploring the three worlds of mathematics. New York: Cambridge, 2013.

TARDIF, Maurice; LESSARD, Claude. **O trabalho docente**: elementos para uma teoria da docência como profissão de interações humanas. Tradução: João Batista Kreuch. 4. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2008.

YIN, Robert. **Estudo de Caso**: planejamento e métodos. Tradução de Ana Thorell. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.