

Compreensão do conhecimento tecnológico e pedagógico do conteúdo em Matemática: uma análise da literatura

DOI: <https://doi.org/10.33871/rpem.2025.14.35.10721>

Ana Paula Nahirne¹
Clodis Boscarioli²

Resumo: Mishra e Koehler (2006) desenvolveram um modelo que articula os conhecimentos de um componente curricular específico com metodologias de ensino e as tecnologias. A sinergia desses conhecimentos, resulta em uma integração relacional e dinâmica, denominada Conhecimento Tecnológico e Pedagógico do Conteúdo (TPACK). Este modelo serve de base para experienciar Tecnologias Digitais no ensino e na aprendizagem em diferentes contextos. Dessa forma, essa revisão narrativa busca responder à seguinte indagação: o que caracteriza cada um dos conhecimentos que compõem o Conhecimento Tecnológico e Pedagógico do Conteúdo? Seu objetivo é identificar os conhecimentos que integram o TPACK para o desenvolvimento profissional em Matemática. O artigo também discutiu os principais desafios enfrentados na integração das Tecnologias Digitais, incluindo a falta de políticas públicas, suporte institucional, infraestrutura, a sobrecarga de trabalho dos professores e a resistência à mudança, o que aponta para a necessidade de estratégias colaborativas no ambiente educacional. Avanços foram observados nas discussões sobre o planejamento do conteúdo matemático, as quais destacam a integração pedagógica e intencional das Tecnologias Digitais em contextos específicos, a partir de níveis progressivos de pensamento e compreensão (reconhecimento, aceitação, adaptação, exploração e avanço), conforme proposto por Niess *et al.* (2009). Esses níveis evidenciam a evolução dos conhecimentos do *Mathematics TPACK*, que orienta e reformula o desenvolvimento profissional dos professores que ensinam Matemática, promovendo a integração das TD no ensino.

Palavras-chave: Educação Matemática; Tecnologias Digitais na Educação; *Mathematics TPACK*.

Understanding technological and pedagogical content knowledge in Mathematics: a literature review

Abstract: Mishra and Koehler (2006) developed a model that connects knowledge of a specific curricular component with pedagogy and technology. The combination of these areas results in a simultaneous, relational, and dynamic integration called Technological and Pedagogical Content Knowledge (TPACK). This model provides a foundation for incorporating digital technologies into teaching and learning in educational settings. This narrative review aims to answer the following question: What characterizes each type of knowledge that constitutes Technological and Pedagogical Content Knowledge? Its objective is to identify the knowledge that integrates TPACK for professional development in mathematics. The article also discusses the main challenges in integrating digital technologies, including the lack of public policies, institutional support, infrastructure, teacher workload, and resistance to change, highlighting the need for collaborative strategies in educational environments. Progress has been made in discussions about planning mathematical content, emphasizing the pedagogical integration of digital technologies in specific contexts and assigning progressive levels of thought and understanding (recognition, acceptance, adaptation, exploration, and advancement), as proposed by Niess *et al.* (2009). These levels demonstrate the evolution of Mathematics TPACK knowledge, which guides and reshapes the professional development of mathematics teachers.

Keywords: Mathematics Education; Digital Technologies in Education; *Mathematics TPACK*.

¹ Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Educação Matemática, PPGECEM - Unioeste. E-mail: anapaulanahirne@yahoo.com.br - OCID: [0000-0003-0632-6688](https://orcid.org/0000-0003-0632-6688).

² Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (2008), PPGECEM - Unioeste. E-mail: boscarioli@gmail.com - OCID: [0000-0002-7110-2026](https://orcid.org/0000-0002-7110-2026).

1 Introdução

Atuar como docente tem se revelado desafiador, pois enfrentamos mudanças constantes, como a implementação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018), construída ao longo de anos por meio de consultas públicas a professores, sociedade civil, Ministério da Educação (MEC) e redes de ensino sob diferentes governos.

A Base Nacional Comum para a Formação Continuada de Professores da Educação Básica (BNC-Formação) (Brasil, 2020) soma-se a essas mudanças, assim como demandas de conteúdo específico, pedagógico e a busca pela integração de Tecnologias Digitais (TD) no ensino. Esses desafios evidenciam a necessidade de uma formação continuada que permita aos professores acompanharem as transformações educacionais e ajustar suas práticas pedagógicas, uma vez que o desenvolvimento profissional docente constitui um processo contínuo de aprimoramento que sustenta as mudanças e garante a qualidade das práticas de ensino.

Para enfrentar esses desafios, o professor, independentemente do componente curricular, precisa compreender “*o que ensinar*” e “*como ensinar*”, ao integrar as TD nas práticas pedagógicas de maneira intencional e pedagógica. O Conhecimento Tecnológico e Pedagógico do Conteúdo (TPACK) orienta essa integração de modo relacional e pressupõe que o docente conheça e experiencie diferentes TD, adequadas ao contexto educativo. Desse modo, este artigo descreve os conhecimentos que constituem o TPACK e analisa sua mobilização no desenvolvimento profissional de professores que ensinam Matemática, com ênfase na articulação entre conteúdo, didática e TD, de maneira integrada e intencional.

As TD incluem desde o registro e a interação por meio de ambientes virtuais de aprendizagem até o emprego de jogos educacionais, fóruns, *blogs*, entre outros (Mishra; Koehler, 2006). Além disso, podem ser emergentes, síncronas ou assíncronas, a exemplo do *home page*, vídeos educacionais, bibliotecas virtuais, *podcasts*, gamificação, bases de imagens, vídeos e mapas, realidade virtual e aumentada, simuladores, plataformas de comunicação, redes sociais, *e-books* digitais, pacotes de *software*, inteligência artificial, que, quando experienciadas pedagogicamente, potencializam os processos de ensino e aprendizagem, indo além de simples entretenimento e comunicação.

No âmbito da Educação Matemática, embora o *National Council of Teachers of Mathematics* (NCTM)³ recomende experienciar TD nos processos de ensino e de

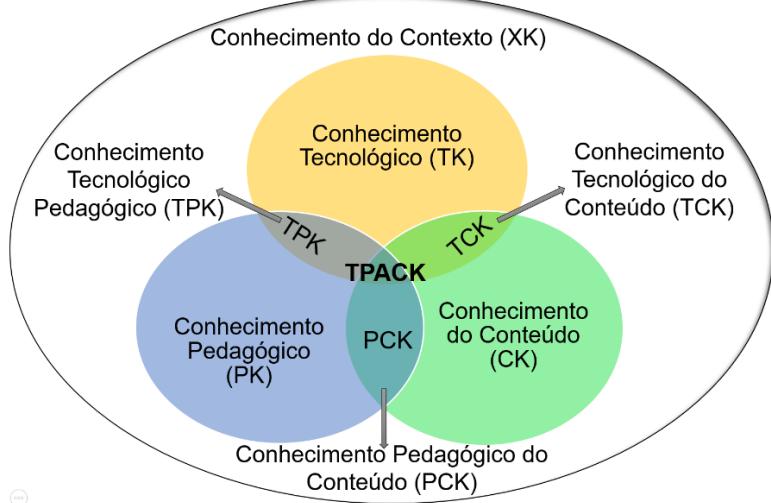
³ O Conselho Nacional dos Professores de Matemática dos Estados Unidos, oferece gratuitamente recursos interativos e material gráfico para o trabalho com Matemática desde a pré-escola. A Sociedade Brasileira de

aprendizagem; essa orientação demanda reflexão sobre sua integração no ensino. As formações continuadas fundamentadas no modelo TPACK configuram uma possibilidade de integração das TD no ensino, mas ainda enfrentam desafios quanto à superação de limitações estruturais, suporte técnico e aplicação pedagógica. Além disso, os professores enfrentam barreiras como familiarização, acesso, sobrecarga de trabalho e resistência à mudança, o que demanda uma abordagem colaborativa, políticas educacionais de apoio institucional e valorização docente.

A integração das TD no ensino demanda não apenas aspectos inerentes à prática do professor, mas também a mobilização do Conhecimento Contextual (*ConteXtual Knowledge - XK*), Conhecimento do Conteúdo (CK – *Content Knowledge*) e o Conhecimento Pedagógico (PK – *Pedagogical Knowledge*) (Shulman, 1986; 1987). Esses conhecimentos estabelecem interações entre si, sendo necessário apropriar-se também do Conhecimento Tecnológico (TK – *Technological Knowledge*), que amplia as possibilidades de representação e comunicação de conceitos matemáticos.

Esses conhecimentos geram outros interrelacionados: o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK – *Pedagogical Content Knowledge*), o Conhecimento Tecnológico do Conteúdo (TCK – *Technological Content Knowledge*), e o Conhecimento Tecnológico Pedagógico (TPK – *Technological Pedagogical Knowledge*), representados na Figura 1 pelo Diagrama de Venn com três círculos sobrepostos.

Figura 1 - Diagrama de Venn do modelo TPACK



Fonte: Adaptada de Mishra (2019).

Na interseção encontra-se o TPACK (*Technological Pedagogical Content Knowledge*)⁴,

Educação Matemática (SBEM) foi reconhecida como correspondente internacional do NCTM no Brasil. Para saber mais: <https://www.nctm.org/About/>.

⁴ Originalmente, TPCK (Conhecimento do Conteúdo Pedagógico Tecnológico) é estrutura para o conhecimento



proposto por Mishra e Koehler (2006) após cinco anos de investigações. O modelo delinea os conhecimentos basilares necessários para integrar TD ao ensino e à aprendizagem em sala de aula (Chai; Koh; Tsai, 2013). Assim, implica compreender as interações entre conteúdo, pedagogia e TD. Assim, mais do que um referencial teórico, o TPACK propõe uma forma de pensar a prática docente de modo contextualizado, articulado e reflexivo.

Contudo, a apropriação desse modelo não ocorre, necessariamente, de forma explícita. Suas dimensões emergem de maneira implícita, quando os professores articulam práticas pedagógicas, componentes curriculares e TD, ao construir conhecimentos integrados sem recorrer diretamente à terminologia do modelo, o que evidencia sua presença nas ações e decisões pedagógicas.

Corroborando as ideias de Shulman (1986; 1987) e de Ball, Thames e Phelps (2008), Mishra e Koehler (2006) ampliam essa perspectiva ao compreender o conhecimento necessário para ensinar *com e sobre* TD como uma extensão dos conhecimentos docentes. O papel do professor não se restringe à integração instrumental das TD, mas envolve criar condições que favoreçam a aprendizagem e estabeleçam relações entre currículo, ensino e TD, ao considerar como os estudantes aprendem e os contextos socioculturais onde estão inseridos.

O TPACK é considerado universal para qualquer assunto e componente curricular (Mazon, 2012) e é reconhecido internacionalmente (Harris *et al.*, 2017). Autores como Palis (2010), Mazon (2012), Cibotto e Oliveira (2013, 2017), Tiani (2017) e Bueno *et al.* (2023) fundamentam suas análises no modelo de Mishra e Koehler (2006), ao adotar como base o ensino *com e sobre* TD. Segundo Mishra (2019), o TPACK impacta investigações, práticas de ensino e desenvolvimento profissional em diferentes áreas.

Desde sua proposição, o modelo TPACK tem sido amplamente investigado e contextualizado em diferentes realidades educacionais, com o propósito de subsidiar processos de formação continuada de professores e favorecer a integração das TD nas práticas de ensino. A ênfase recai em atividades educacionais e os processos de formação com professores (Palis, 2010; Cibotto; Oliveira, 2013, 2017; Cibotto, 2015). Arnal-Bailera e Oller-Marcen (2017) também o destacam como um modelo pertinente à formação continuada.

Ao teorizarem o TPACK, Harris, Mishra e Koehler (2009) investigam como essa modelo se manifesta nos processos de formação continuada com professores. Os autores problematizam o fato de que muitas abordagens voltadas às TD ainda se restringem à exposição dos docentes às especificidades técnicas das TD. Argumentam que tais práticas são

do professor na integração de tecnologia.



insuficientes, uma vez que aprender *sobre* e *com* TD não equivale a experienciá-la de modo intencional, contextual, pedagógico e crítico, voltado para a aprendizagem.

O TPACK influencia a pesquisa sobre a integração das TD no ensino de Matemática (Niess *et al.*, 2009). No Brasil, Palis (2010) foi a primeira a adaptá-lo às especificidades da área. Destaca-se o *Mathematics* TPACK, modelo de Niess *et al.* (2009) que articula os conhecimentos que os professores precisam mobilizar para integrar TD em sala, apresentado aqui por níveis progressivos de pensamento e compreensão.

Com base em Mishra e Koehler (2006), a *Association of Mathematics Teacher Educators* (AMTE), organização profissional americana que visa formação com professores de Matemática, desenvolveu um modelo para o *Mathematics* TPACK. Ele é estruturado em quatro temas principais: Currículo e Avaliação, Aprendizagem, Ensino e Acesso. Embora seu documento proponha ações para integrar TD, é preciso ampliar a discussão sobre a implementação em todos os níveis de ensino.

Esta revisão tem por objetivo identificar os conhecimentos que integram o TPACK para o desenvolvimento profissional em Matemática. O artigo aborda desafios e estratégias para a integração intencional e pedagógica das TD e analisa a evolução desses conhecimentos, com destaque para a formação continuada. Realizamos uma revisão narrativa para identificar características e lacunas no *Mathematics* TPACK, conforme recomenda Rother (2007) para discutir o estado da arte.

Dessa forma, propomos responder à seguinte interrogação: o que caracteriza cada um dos conhecimentos que compõem o TPACK? Este artigo visa aprimorar práticas de ensino ao integrar intencionalmente conhecimento matemático com TD, oferecendo fundamentação teórica e análise histórica que destaca a importância do TPACK na formação e no desenvolvimento profissional docente.

A Seção 2 descreve os conhecimentos isolados (CK, PK, TK e XK) e seus pares (PCK, TCK, TPK); a Seção 3 apresenta, em linha do tempo, a evolução do TPACK; a Seção 4 discute o *Mathematics* TPACK; por fim, trazemos considerações e perspectivas.

2 Relações entre a tríade de conhecimentos: Conteúdo, Pedagógico e Tecnológico

O Conhecimento do Conteúdo (CK) constitui uma das categorias centrais da base de conhecimentos para o ensino. Ao analisá-lo de forma isolada, Shulman (1986) já indicava que esse conhecimento vai além da compreensão conceitual do próprio componente curricular, abrangendo a compreensão de suas estruturas, princípios e formas de organização. Este



conhecimento vai além da compreensão do “o que” ensinar para “porquê” ensinar, no que diz respeito ao componente a ser ensinado (Shulman, 1987).

Nessa perspectiva, Mishra e Koehler (2006) ampliam essa concepção ao compreender o conteúdo como objeto de ensino escolar, associando o CK à expertise do professor no conhecimento específico do componente que ensina ou aprende. Mishra e Koehler (2009) reforçam essa centralidade ao destacar que o CK constitui a base sobre a qual se articulam os demais conhecimentos docentes.

Albuquerque *et al.* (2006) afirmam que o professor que ensina Matemática necessita compreender a natureza do componente, os conceitos que o estruturam e as formas pelas quais os estudantes aprendem, de modo a apresentar as ideias de maneira acessível e coerente com o processo de construção do conhecimento matemático.

Nessa mesma direção, Cibotto e Oliveira (2017) alertam que a ausência desse conhecimento pode resultar em interpretações equivocadas e dificuldades na organização curricular. Refletir sobre o CK, portanto, implica uma análise crítica das estruturas conceituais que sustentam o ensino de Matemática e de suas relações com a prática pedagógica.

O CK possibilita compreender a natureza do conhecimento matemático e sua aplicação em diferentes contextos. No entanto, não se restringe à dimensão conceitual, requer que o professor estabeleça conexões entre o conteúdo e as experiências cotidianas dos estudantes, ao reconhecer que cada conceito demanda interpretação contextualizada. Além disso, cabe ao docente promover articulações internas e interdisciplinares que favoreçam a compreensão integrada dos conhecimentos, ao contribuir para superar abordagens fragmentadas do ensino.

Antes de 2019, o diagrama apresentava o elemento “contexto”. Entretanto, Mishra e Koehler (2009) já enfatizavam que fatores sociais, culturais e institucionais condicionam a integração tecnológica, tornando necessário considerar a diversidade discente, as necessidades, os estilos de aprendizagem e as experiências culturais — aspecto também evidenciado por Cibotto e Oliveira (2017). Em 2019, Mishra ampliou o modelo ao introduzir o Conhecimento Contextual (XK), que abrange desde a percepção do professor sobre as TD disponíveis até as políticas educacionais regionais que influenciam suas práticas (Bueno *et al.*, 2023).

No contexto escolar, a atuação docente vai além do CK, ao abranger a compreensão de como os estudantes constroem conhecimentos e se envolvem com a aprendizagem. As diferentes formas de apresentar e organizar o conteúdo, no contexto, demandam sua vinculação a metodologias de ensino, o que implica mobilizar o Conhecimento Pedagógico (PK) para favorecer a aprendizagem.

O PK pressupõe compreender as teorias cognitivas, sociais e de desenvolvimento que



dialogam a respeito do ensinar e do aprender dos estudantes, o que fundamentam processos de forma contextualizada em sala de aula (Mishra; Koehler, 2006). Nesse sentido, este conhecimento abrange os processos, técnicas e métodos de ensino (Mishra; Koehler, 2009) e envolve a compreensão dos princípios que orientam a dinâmica da sala de aula e das interações que nela se estabelecem (Shulman, 2014).

O PK abrange os métodos e estratégias utilizadas em sala de aula para compreender como os estudantes aprendem, bem como aspectos relacionados à gestão, ao planejamento, às práticas de ensino e à avaliação. Esse conhecimento possibilita ao professor analisar se os resultados de suas ações favorecem tanto a aprendizagem quanto o processo de ensino (Mishra; Koehler, 2006), ao mesmo tempo em que orienta práticas voltadas às necessidades dos estudantes e ao desenvolvimento do pensamento crítico.

Historicamente, o CK e o PK eram tratados de forma dissociada. Shulman (1986) investigou a relação entre essas duas dimensões e propôs o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) como uma forma de reconfigurar as práticas educativas. Essa articulação entre conteúdo e pedagogia passou a constituir a base de conhecimentos para o ensino elaborada por Shulman (1986, 1987). Ele não sobrepõe um conhecimento em detrimento do outro, mas sim, enfatiza a relação de ambos.

Essa categoria engloba os métodos de ensino de um determinado conteúdo, bem como as formas de expressar ideias — por meio de analogias, ilustrações, exemplos, explicações e demonstrações — que contribuam para torná-lo comprehensível aos estudantes (Shulman, 1986). O PCK leva o professor a “transformar o conhecimento do conteúdo [...] em formas pedagogicamente poderosas e adaptáveis às variações de habilidade e experiência apresentadas pelos alunos” (Shulman, 1987, p. 15).

O PCK combina abordagens didáticas e práticas pedagógicas, ao permitir o professor estabelecer maneiras de ensinar cada tema com base em fundamentos teoricamente sustentados. Para isso, o docente necessita recorrer a estratégias metodológicas relacionadas ao conteúdo, dispondo de “[...] um verdadeiro arsenal de formas alternativas de representação” construídas a partir da pesquisa e da prática (Shulman, 1986, p. 9).

Este conhecimento representa a articulação entre o conhecimento disciplinar e a prática pedagógica, ao transformar o conteúdo em experiências de aprendizagem contextualizadas, o que requer do professor uma postura reflexiva diante das dificuldades dos estudantes e de suas próprias estratégias de ensino. O PCK refere-se à “[...] representação e formulação de conceitos, ao conhecimento do que os torna difíceis ou fáceis, ao conhecimento prévio dos alunos e às estratégias [...] com o objetivo de lidar com as dificuldades e equívocos dos alunos, promovendo



a compreensão” (Mishra; Koehler, 2006, p. 1027).

Na Educação Matemática, Ball, Thames e Phelps (2008) definem o Conhecimento Matemático para o Ensino como o conhecimento matemático necessário para ensinar Matemática, distinguindo entre o conteúdo comum — compartilhado com profissionais que não atuam diretamente na docência — e o conteúdo especializado, próprio da prática pedagógica. Esses conhecimentos possibilitam que o professor compreenda o conteúdo e identifique maneiras de ensiná-lo de forma contextualizada. Nessa direção, Mazon (2012) destaca que as metodologias podem e devem ser adaptadas a diferentes contextos educativos, de modo a atender às especificidades de cada realidade escolar.

No que se refere aos métodos de ensino, torna-se essencial integrar as TD ao processo educativo, o que evidencia o Conhecimento Tecnológico (TK). Esse conhecimento envolve tanto recursos digitais quanto não digitais — como livros, giz, quadro negro, *internet* e vídeo digital —, abrangendo as tecnologias em suas múltiplas formas, aplicações e metodologias (Mishra; Koehler, 2006).

O TK ultrapassa a noção restrita de letramento digital, pois implica compreender as potencialidades pedagógicas das TD e sua relação com o ensino e a aprendizagem. No entanto, por evoluírem continuamente, as TD tornam a atualização desse conhecimento um desafio constante, uma vez que o TK permanece “[...] em estado de fluxo – mais do que [...] pedagogia e conteúdo” (Mishra; Koehler, 2009, p. 64). Nesta perspectiva, o TK é compreendido como uma construção teórica sobre a forma como as TD influenciam e são influenciadas pelas práticas pedagógicas voltadas ao desenvolvimento de conteúdos específicos (Prado, 2022).

É necessário adaptar-se às TD em suas diferentes naturezas. Para além do letramento digital, é fundamental compreender as TD e suas potencialidades para aplicá-las de no trabalho e na vida cotidiana (Mishra; Koehler, 2009). O letramento digital, entendido como as “[...] habilidades para interpretar, administrar, compartilhar e criar sentido nos canais digitais” (Dudeney; Hockly; Pegrum, 2016, p. 17), constitui um passo importante para a integração das TD no ensino, mas requer uma apropriação crítica e consciente, indo além do entretenimento.

A maioria dos estudantes, considerados nativos digitais, interage com naturalidade com dispositivos como *smartphones*, computadores e *tablets*, pois “[...] foram criados em contextos permeados pelas facilidades trazidas pela relação humana com as inovações tecnológicas” (Bueno *et al.*, 2023, p. 1). Entretanto, o acesso a essas TD não é igual para todos, já que carências de infraestrutura e conectividade ainda limitam sua integração nos ambientes escolares. Mesmo diante dessas desigualdades, o professor pode mobilizar o conhecimento prévio dos estudantes *com e sobre* TD para potencializar o ensino de Matemática.

Embora alguns professores ainda não integrem as TD em sua prática, a BNCC (2018) prevê a ampliação de sua integração como uma das dez competências gerais, ao reconhecer as TD como meios para disseminar e compartilhar conhecimento. Contudo, conforme apontam Mendonça e Soares (2019), o documento tende a tratá-las apenas como ferramentas, o que reduz seu potencial formativo e limita sua contribuição para a aprendizagem.

As competências de Matemática previstas na BNCC (Brasil, 2018) destacam a integração das TD em todas as etapas da Educação Básica — no Ensino Fundamental, ao propor a modelagem e a resolução de problemas do cotidiano, e no Ensino Médio, ao sugerir o emprego de simulações e a resolução de problemas para aprofundar conceitos e fortalecer a argumentação e a tomada de decisões. Entretanto, embora reconheça a importância das TD, o documento tende a apresentá-las de forma prescritiva, sem explicitar as condições pedagógicas e formativas necessárias para que essa integração ocorra de forma intencional e contextualizada.

Em 2022, foram publicadas normas complementares à BNCC voltadas à inserção da Computação, o que reforça a integração das TD de forma transversal e a organização das competências em três eixos: Pensamento Computacional, Mundo Digital e Cultura Digital (Brasil, 2022). A Computação mantém estreita relação com a Matemática, especialmente por meio dos pilares do Pensamento Computacional — decomposição, abstração, reconhecimento de padrões e algoritmos —, que possibilitam transformar problemas complexos em subproblemas mais simples (Wing, 2011). Essa abordagem favorece o desenvolvimento do raciocínio, da representação, da comunicação e da argumentação, ao contribuir para o letramento matemático e para o pensamento computacional (Brasil, 2018).

No complemento da BNCC, as aplicações à Matemática incluem, na Educação Infantil e no Ensino Fundamental, o aprimoramento da leitura e interpretação de problemas, a introdução de algoritmos e a manipulação de conceitos por meio de abordagens interativas. No Ensino Médio, as aplicações voltam-se ao fortalecimento da resolução de problemas e do raciocínio abstrato, com ênfase na exploração de símbolos e estruturas matemáticas.

Mishra e Koehler (2006, 2009) ressaltam que conhecer CK e TK não assegura uma prática pedagógica integrada. Seu potencial surge de uma abordagem holística alinhada ao currículo. Os professores necessitam compreender as possibilidades das TD e mobilizar metodologias de ensino que favoreçam práticas contextualizadas (Tiani, 2017). A articulação entre esses conhecimentos dá origem ao Conhecimento Tecnológico do Conteúdo (TCK), resultante da interação entre o CK e as TD, ao permitir explorar seu potencial pedagógico.

O TCK envolve a compreensão das possibilidades pedagógicas das TD, a seleção de atividades adequadas e a aplicação de estratégias coerentes com os objetivos de aprendizagem



(Mishra; Koehler, 2006). Trata-se do “[...] conhecimento da maneira pela qual tecnologia e conteúdo estão reciprocamente relacionados” (p. 1028). É essencial que o professor reconheça como as TD podem transformar o entendimento de um conteúdo e suas possíveis representações ao serem integradas ao ensino (Prado, 2022).

Parte dos professores ainda apresenta uma visão restrita sobre o potencial das TD no ensino de Matemática (Niess, 2006). Oliveira e Macêdo (2025) e Silva e Matta (2024) destacam que a precariedade da infraestrutura tecnológica, a falta de apoio institucional e de políticas formativas contínuas, bem como o distanciamento entre teoria e prática na formação inicial, constituem obstáculos recorrentes à integração das TD.

A integração das TD no ensino precisa ser compreendida como uma estratégia de aprendizagem, e não como um complemento às práticas existentes. Embora tenham potencial, Silva e Matta (2024) evidenciam que sua apropriação permanece incipiente em grande parte das redes públicas, especialmente em cenários de infraestrutura limitada. A insuficiência de políticas públicas e a precarização das condições de trabalho contribuem para a manutenção de práticas convencionais e dificultam a integração das TD de forma intencional e pedagógica.

O NCTM (2000, p. 24) afirma que as TD são fundamentais “[...] para o ensino e a aprendizagem da Matemática; impacta o que é ensinado e aprimora a compreensão”. Nesse sentido, Mishra e Koehler (2006, p. 1028) destacam que os professores precisam compreender “[...] como o conteúdo pode ser modificado pela tecnologia”. As TD, nesse cenário, possibilitam manipular, explorar e refletir sobre diferentes temas matemáticos, bem como visualizar objetos em duas ou três dimensões, em consonância com as cinco unidades temáticas da BNCC: Aritmética, Álgebra, Geometria, Probabilidade e Estatística.

Com a integração das TD, o professor pode favorecer a assimilação dos conteúdos, ampliar a interação entre estudantes e conhecimento e contemplar diferentes modos de aprender (Mishra; Koehler, 2006). Nessa perspectiva, os processos educativos dependem de um *corpus* de conhecimento estruturado, que articule o raciocínio dos estudantes ao conteúdo e às TD, ao promover relações entre esses elementos (Koehler; Mishra; Cain, 2013).

No planejamento das aulas, é comum que o conteúdo seja definido antes da escolha das TD; contudo, é fundamental transformá-lo em algo relevante para os estudantes por meio de sua integração (Niess; Gillow-Wiles, 2017, p. 79). Nesse sentido, mais do que conhecer as TD, o professor precisa compreender como implementá-las e articulá-las à Pedagogia, o que se concretiza no Conhecimento Tecnológico Pedagógico (TPK), responsável por integrar as estratégias de ensino às potencialidades das TD.

O TPK abre um leque de possibilidades ao professor para o experienciar TD no ensino



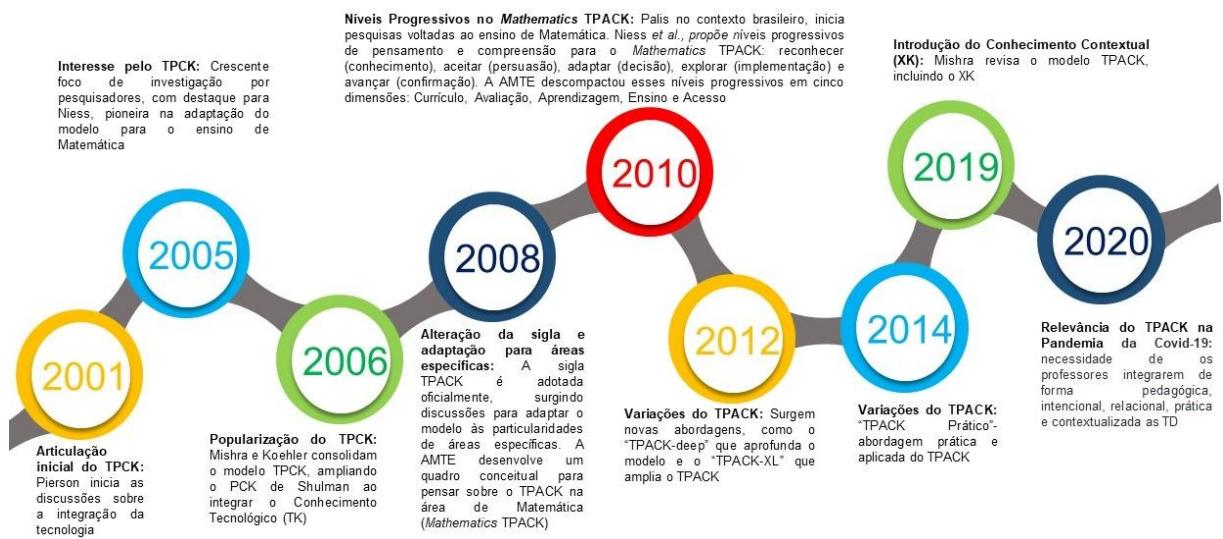
e como elas podem contribuir para as práticas pedagógicas em sua totalidade, desde o planejamento até a execução. Este conhecimento corresponde ao “[...] conhecimento da existência, componentes e capacidades de várias tecnologias usadas no ensino e na aprendizagem” (Mishra; Koehler, 2006, p. 1028) e abrange as metodologias por meio das quais as TD podem transformar o ensino (Mishra; Koehler, 2009). Esse conhecimento envolve integrar as TD para apoiar a prática docente, compreendendo suas possibilidades, limitações e potencialidades em cada contexto educativo.

Para integrar as TD na prática pedagógica, Mishra e Koehler (2006; 2009) propõem a integração entre o Conhecimento Tecnológico, Pedagógico e de Conteúdo (TPACK), modelo interconectado e em constante evolução que orienta o professor a experienciar as TD como parte do processo de aprendizagem do conteúdo. A Seção 3 apresenta e discute esse modelo.

3 Explorando o modelo TPACK

Para integrar e experienciar as TD nos âmbitos teórico, pedagógico e metodológico, Mishra e Koehler (2006) propuseram o modelo TPCK — posteriormente denominado TPACK. Desde sua formulação, em 2005, o modelo tem se expandido, especialmente no campo do desenvolvimento profissional docente e da integração tecnológica. Pesquisadores reconhecem o alcance e o potencial do TPACK, ao investigar diferentes contextos educacionais e níveis de ensino (Graham, 2011). A Figura 2 apresenta sua evolução histórica, a qual é discutida nesta seção e aprofundada na Seção 4.

Figura 2 – Linha do tempo do TPACK



Fonte: elaborada pelos autores (2025).



O modelo TPACK tem sua origem na articulação proposta por Pierson (2001), que serviu de base para a integração das TD ao ensino (Graham, 2011; Chai; Koh; Tsai, 2013). A sigla TPCK ganhou destaque em 2005, com os estudos de Niess (2005) na área da Matemática e de Angeli e Valanides (2005) em outros campos do conhecimento. Entre as áreas com maior expansão de pesquisas destacam-se a Matemática, as Ciências Naturais e os Estudos Sociais (Koehler; Mishra; Cain, 2015). A publicação de Mishra e Koehler (2006) consolidou o termo na literatura, e, em 2008, ele passou a ser denominado TPACK, interpretado como um “Pacote Total” (Thompson; Mishra, 2007), acumulando mais de 3.075 citações segundo Koehler, Mishra e Cain (2015).

A revisão realizada por Voogt *et al.* (2012) identifica três principais interpretações do modelo. A primeira concebe o TPCK como uma ampliação do PCK, ao incorporar a dimensão tecnológica à relação entre conteúdo e pedagogia (Niess, 2006). A segunda compreende o TPACK como a combinação entre ICT⁵, TPK e PCK, ao articular diferentes componentes do conhecimento docente (Angeli; Valanides, 2009). Por fim, a terceira visão entende o TPACK como a integração entre TD, pedagogia e conteúdo em um contexto específico de ensino (Mishra; Koehler, 2006).

Embora existam diferentes variações do modelo, todas convergem na articulação entre TD, pedagogia, conteúdo e contexto (Phillips; Harris, 2018). As ampliações propostas na literatura incluem o “TPACK-deep” (Yurdakul *et al.*, 2012), o “TPACK-XL” (Saad *et al.*, 2012) e o “TPACK Prático” (Yeh *et al.*, 2014), que buscam adaptar o modelo às demandas específicas de ensino e aprendizagem. Essas versões diferem conforme o componente enfatizado, mas mantêm como princípio comum a integração e a contextualização dos conhecimentos.

Modelos posteriores expandiram o TPACK ao considerar componentes e contextos específicos de aplicação. Nas versões de Mishra e Koehler (2006; 2009), o conhecimento integrado é ajustado às particularidades de cada contexto educativo. A análise do contexto refere-se à compreensão do ambiente escolar e das particularidades de cada estudante, sejam elas socioculturais, econômicas ou tecnológicas.

A centralidade do contexto tornou-se ainda mais evidente durante a pandemia da Covid-19, período em que a maior parte das interações educacionais ocorreu em ambientes digitais (Bueno; Borges; Lima, 2021). Nesse cenário, muitos docentes passaram a experientiar — ou a aprender a experientiar — as TD em suas práticas pedagógicas, o que evidencia tanto seu potencial, quanto as lacunas formativas existentes (Pelizzaro; Silva; Richit, 2022).

⁵ *Information and Communication Technology*, traduzido para Tecnologia da Informação e Comunicação.



Com a crise sanitária e as diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS), as TD tornaram-se indispensáveis para a continuidade das atividades educativas. Paralelamente, o país já vivenciava um processo de reforma curricular alinhado à BNCC, que, diante da pandemia, assumiu caráter concreto, impositivo e emergencial (Fontes *et al.*, 2021). Nesse contexto, os professores precisaram reconfigurar suas práticas pedagógicas e redefinir as formas de interação e acesso aos estudantes, aprendendo, muitas vezes, em caráter emergencial, a utilizar as TD disponíveis (Castaman; Rodrigues, 2020).

A pandemia evidenciou a ausência de preparo para integrar as TD ao ensino, o que resultou em práticas emergenciais e modelos improvisados de ensino remoto. Tal limitação reflete a pouca atenção dedicada, antes de 2020, à integração pedagógica das TD nos processos formativos e nas políticas educacionais (Bueno *et al.*, 2023). Esse contexto levou os professores a repensar suas estratégias de ensino, o que reforça a necessidade de compreender as TD não como um recurso auxiliar, mas como parte constitutiva de práticas pedagógicas integradas e contextualizadas.

Harris, Mishra e Koehler (2009) destacam que as TD, isoladamente, pouco contribuem para o ensino e a aprendizagem, sendo necessário articulá-la ao conteúdo e às estratégias pedagógicas. Qualquer modificação em um desses elementos implica ajustes nos outros dois, dado o caráter dinâmico e interdependente do modelo (Mishra; Koehler, 2006). Assim, o TPACK orienta a adoção de metodologias que integrem as TD de acordo com as necessidades dos estudantes, o que requer “[...] compreensão das técnicas pedagógicas que possibilitam que as tecnologias sejam usadas para a construção do saber” (Coutinho; Sampaio, 2012, p. 42).

A próxima seção apresenta em detalhe os conhecimentos que o professor de Matemática necessita mobilizar para ensinar *com e sobre* TD, com foco no *Mathematics TPACK*.

4 Desenvolvimento profissional e a abordagem do *Mathematics TPACK*

A integração das TD em contextos educacionais representa um conjunto articulado de recursos pedagógicos. Entre 2002 e 2008, a *International Society for Technology in Education* (ISTE) estabeleceu parâmetros voltados à reorientação de quais e quantas TD disponíveis, para como e por que as TD são integradas, ao deslocar o foco da quantidade e da qualidade das TD para as razões e formas de experienciar, com ênfase no conteúdo e nas práticas pedagógicas (Palis, 2009; 2010).

O TPACK sustenta os fundamentos da Educação Matemática (Niess, 2006), uma vez



que o ensino dessa área pressupõe a compreensão do conteúdo, dos processos pedagógicos e das TD. O modelo orienta o planejamento curricular ao reconhecer que “[...] à medida que os professores pensam sobre conceitos matemáticos específicos, [...] a tecnologia coloca esses conceitos em forma compreensível para os seus alunos” (Niess, 2006, p. 197). Assim, o TPACK não apenas integra os diferentes tipos de conhecimento, mas também promove uma ressignificação das práticas de ensino, ao relacionar conteúdo, pedagogia, contexto e TD, em benefício da aprendizagem matemática.

A AMTE (2009) reconhece a necessidade de um referencial teórico que oriente futuros professores no desenvolvimento dos conhecimentos necessários à integração das TD no ensino e na aprendizagem de Matemática. No entanto, ainda são limitadas as orientações sobre os processos por meio dos quais tais conhecimentos podem ser construídos.

Para elucidar a evolução do TPACK em contextos de formação continuada, Niess *et al.* (2009) propõem o *Mathematics TPACK*, composto elementos-chave, em estrutura semelhante à do modelo apresentado pela AMTE (2009)⁶, conforme descrito no Quadro 1.

Ao utilizar esses componentes, os professores alinham-se aos objetivos propostos pela BNCC. Niess *et al.* (2009) identificam cinco níveis de progressão — reconhecer (conhecimento), aceitar (persuasão), adaptar (decisão), explorar (implementação) e avançar (confirmação) — fundamentados em Rogers (1995), os quais evidenciam o processo de construção do *Mathematics TPACK* (Palis, 2010).

Quadro 1 – Dimensões para integração da tecnologia ao Ensino de Matemática

Elementos elaborados pela AMTE (2009)	Elementos elaborados por Niess <i>et al.</i> (2009)	Aplicação no ensino de Matemática
1. Projetar e desenvolver ambientes e experiências de aprendizagem em Matemática com TD.	1. Uma concepção abrangente sobre os propósitos para integrar as TD no ensino de Matemática.	As TD, quando integradas intencionalmente, ampliam formas de explorar conceitos, investigar situações e comunicar ideias em Matemática, potencializando ambientes de aprendizagem que favorecem análises, experimentações e representações e complementam a ação pedagógica do professor.
2. Avaliar ensino, aprendizagem e currículo de Matemática com TD.	2. O conhecimento do currículo e dos materiais curriculares que integram as TD no ensino e na aprendizagem da Matemática.	As TD ampliam as formas de representar, interpretar e explorar conteúdos matemáticos e, por meio de recursos interativos, possibilitam analisar a aprendizagem dos estudantes e acompanhar seu desenvolvimento, fortalecendo a compreensão conceitual.

⁶ Para mais informações acessar apêndice A:

<p>3. Aplicar TD para facilitar uma variedade de estratégias de avaliação</p>	<p>3. O conhecimento das estratégias e representações para o ensino e a aprendizagem da Matemática mediado por TD.</p>	<p>As TD favorecem o desenvolvimento do raciocínio matemático ao possibilitar visualizações, simulações e estratégias de resolução de problemas, além de apoiar práticas colaborativas e acomodar diferentes modos de pensar e aprender dos estudantes.</p>
<p>4. Produtividade e prática profissional</p>	<p>4. O conhecimento das compreensões, do pensamento e da aprendizagem dos estudantes em Matemática com TD.</p>	<p>As TD fortalecem o trabalho docente ao apoiar o planejamento, a análise e o acompanhamento das práticas, permitindo ampliar estratégias didáticas e compreender como os estudantes aprendem Matemática em ambientes mediados por TD.</p>

Fonte: elaborado pelos autores com dados da pesquisa (2025).

Conforme ilustrado na Figura 3, os níveis representam um processo contínuo e reflexivo de desenvolvimento, ao explorar uma TD inédita, cada professor avança em seu próprio ritmo, ao favorecer a transição gradual para a integração das TD no ensino de Matemática.

Figura 3 – Níveis de progresso do *Mathematics TPACK*



Fonte: Adaptada de Niess *et al.* (2009).

Conforme o modelo de Niess *et al.* (2009), o percurso de desenvolvimento do Mathematics TPACK ocorre de forma gradual e reflexiva. O primeiro nível, denominado Reconhecimento, inicia-se quando os professores apenas identificam o potencial das TD para o conteúdo que lecionam, mas ainda não as integram às práticas pedagógicas. No nível de Aceitação, passam a formar atitudes favoráveis ou contrárias à integração das TD, influenciadas por suas crenças, experiências e percepções de aplicabilidade.

Em seguida, no estágio de *Adaptação*, avaliam os benefícios e desafios da integração das TD e decidem se adotarão ou não tais recursos. No nível de Exploração, iniciam a integração intencional, pedagógica e contextual, ao selecionar estratégias que tornam o processo de ensino mais interativo e promovem maior compreensão por parte dos estudantes. Por fim, o estágio de

Avanço caracteriza-se pela análise dos resultados dessa integração, ao refletir sobre o impacto das TD no desempenho e na motivação dos estudantes.

Esses níveis foram posteriormente detalhados pela AMTE em cinco dimensões — Currículo, Avaliação, Aprendizagem, Ensino e Acesso — que orientam os professores nas etapas da Educação Básica a planejar, acompanhar e avaliar o ensino integrado por TD, conforme sintetizado no Quadro 2, com base nas contribuições de Palis (2010), traz os níveis de compreensão docente em cinco dimensões do *Mathematics TPACK*, com base no modelo de Niess *et al.* (2009) e nas discussões de Palis (2010). Esses níveis descrevem modos de pensar e agir na integração de TD ao ensino de Matemática, em alinhamento às recomendações da AMTE, e funcionam como instrumento de reflexão e planejamento para o desenvolvimento. Trata-se de um processo não linear, no qual os professores podem avançar, manter-se ou retroceder em cada dimensão, conforme suas experiências, crenças e oportunidades formativas (Niess *et al.*, 2009; Palis, 2010).

Nas dimensões de Currículo e Avaliação, o quadro evidencia como os professores reconfiguram o planejamento e os processos avaliativos ao integrar TD. No *Currículo*, isso implica reconhecer o potencial das TD para representar ideias matemáticas e organizar tarefas que promovam a exploração de conceitos. Na Avaliação, descreve-se um movimento da resistência à integração das TD até a elaboração de instrumentos que diversificam os formatos de questões, valorizam o raciocínio matemático e utilizam registros produzidos com TD para acompanhar a aprendizagem (Niess *et al.*, 2009; Palis, 2010).

tabela 2 – Níveis e Dimensões de desenvolvimento para o *Mathematics TPACK*

Níveis progressivos de pensamento e compreensão docente					
	Reconhecimento (conhecimento)	Aceitação (persuasão)	Adaptação (decisão)	Exploração (implementação)	Avanço (confirmação)
C	Reconhece que a participação de TD pode ser importante para o desenvolvimento de significados e conceitos matemáticos, mesmo com incertezas sobre sua contribuição para a aprendizagem.	Integra as TD e contempla os tópicos do currículo, embora ainda enfrente desafios para identificá-los com clareza.	Seleciona temas do currículo, explica conceitos matemáticos e propõe atividades que envolvem TD.	Investiga temas curriculares, explora estratégias e adapta as aulas para a integração das TD.	Aprimora o currículo ao explorar as potencialidades das TD, incorporando novas formas de abordagem e promovendo transformações nos processos de ensino e aprendizagem.



D I M E N S O E S	A V A L I A C Ã O	Rejeita a exploração de TD na avaliação, por acreditar que prejudica a compreensão matemática, resistindo à ideia.	Reconhece a possibilidade de experienciar TD em parte do processo avaliativo, revisando atividades realizadas em papel e lápis.	Compreende a necessidade de perguntas distintas dos habituais sem depender de tecnologia e, ao empregar TD, foca no conceitual.	Investiga, por meio das TD, a manipulação de diferentes formatos de perguntas.	Desenvolve e ajusta práticas avaliativas com TD, alinhadas a objetivos específicos de aprendizagem.
	A P R E M N D I Z S A G E M	Acredita que a Matemática se assimile por abordagens específicas, mas entende que as TD podem comprometer a aprendizagem.	Restringe a manipulação por preocupação de que o estudante não desenvolva o raciocínio matemático.	Inicia a experimentação e prática de TD em atividades exploratórias na maioria dos tópicos, exceto avaliação.	Planeja, implementa e vivencia as TD como recurso de apoio ao aprendizado de temas específicos.	Incorpora TD integralmente em atividades que demandam raciocínios de elevado padrão.
	E N S I N O	Não utiliza TD para desenvolver conceitos matemáticos ('rouba' tempo); os estudantes manuseiam-na apenas para atividades de rotina ou reforço de conceitos.	Realiza tarefas de casa com TD que não são exigentes e não se conectam diretamente à instrução em sala.	Utiliza TD para fortalecer conceitos assimilados em atividades com papel e lápis, mantendo o controle da aula.	Compartilha aulas testadas com TD e explora estratégias para envolver estudantes em raciocínios matemáticos.	Implementa estratégias instrucionais e conduz atividades com TD para manter atenção e autonomia dos estudantes.
	A C E S S O	Permite o acesso às TD aos estudantes apenas após a compreensão de determinados conceitos e as utiliza em atividades cotidianas ou voltadas à retomada de conteúdos.	Estudantes utilizam TD apenas após adquirir conhecimento em determinados conceitos, em atividades rotineiras ou de memorização.	Concorda com a integração de TD em situações planejadas e as emprega como instrumentos para aprimorar as aulas e apresentar diferentes abordagens matemáticas.	Autoriza a integração de TD para explorar tópicos específicos, testa estratégias para reduzir impactos e as inclui em processos avaliativos.	Integra as TD em todos os aspectos da aula, a fim de desenvolver conceitos acessíveis aos estudantes e ampliar as possibilidades de aprendizagem.

Fonte: elaborado pelos autores com base em Niess *et al.* (2009) e Palis (2010).

Na dimensão Aprendizagem, os níveis evidenciam mudança na compreensão docente sobre como os estudantes aprendem Matemática com TD: de uma visão em que as TD são vistas como ameaça ao raciocínio matemático para perspectivas em que ampliam possibilidades de



investigação, experimentação, representação e comunicação de ideias, favorecendo a participação dos estudantes na construção de significados (Niess *et al.*, 2009).

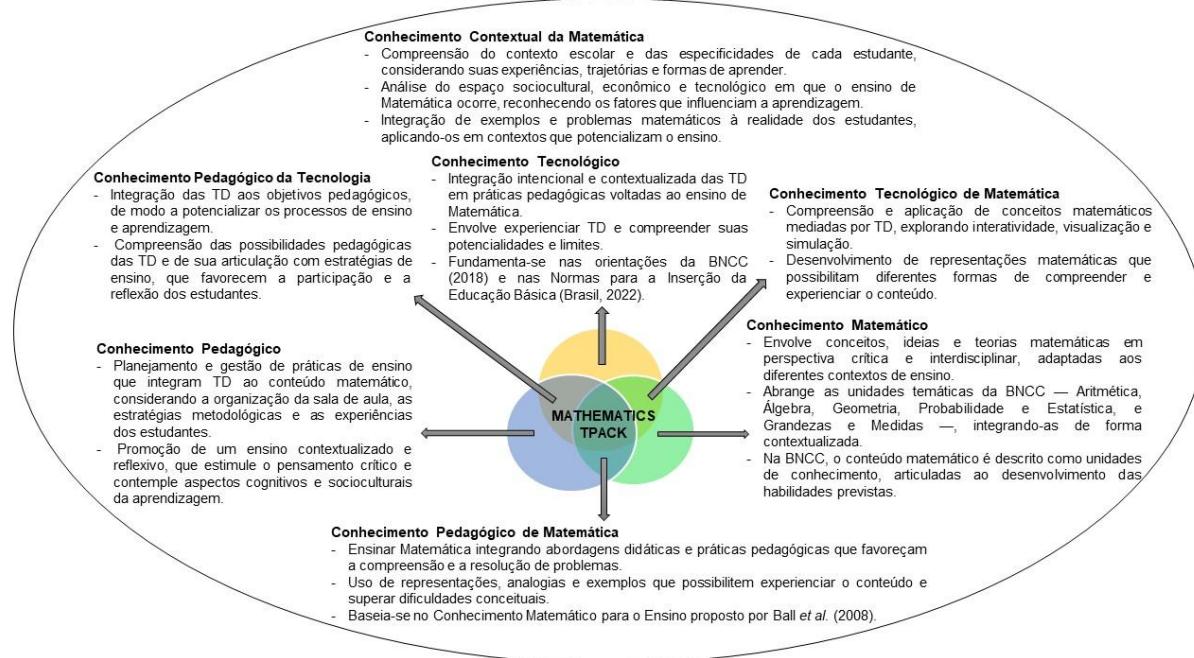
Na dimensão Ensino, o quadro indica uma progressão desde práticas em que as TD são pouco exploradas até situações em que se tornam centrais na organização das sequências didáticas, orientando o planejamento e o compartilhamento de estratégias de ensino que apoiam a explicitação de conceitos, a proposição de problemas, as discussões coletivas e o acompanhamento do trabalho dos estudantes (Niess *et al.*, 2009; Palis, 2010).

Na dimensão Acesso, o quadro mostra como os professores regulam e ampliam o acesso dos estudantes às TD, passando de um uso esporádico, associado à revisão e memorização, para situações em que todos dispõem das TD como instrumentos de trabalho ao longo da aula, integradas de forma sistemática às atividades e à avaliação, com atenção à redução de desigualdades de acesso (Niess *et al.*, 2009; Palis, 2010).

Representar a trajetória do professor por meio dos níveis e dimensões apresentados no Quadro 2 oferece subsídios para estudos sobre o desenvolvimento profissional no âmbito do *Mathematics TPACK* e evidencia o potencial das TD no ensino de Matemática. Cibotto e Oliveira (2017) destacam que a reflexão crítica sobre as práticas pedagógicas — teóricas e práticas — possibilita aos professores experienciar, adaptar e aperfeiçoar metodologias com apoio das TD.

A Figura 4, inspirada no Diagrama de Venn do *Mathematics TPACK*, apresenta uma estrutura que orienta o professor a ensinar Matemática *com e sobre* TD, ao mobilizar diferentes conhecimentos ao longo de seu processo de desenvolvimento profissional. Esse modelo possibilita experienciar e integrar TD de maneira intencional e contextualizada, articulando diferentes conhecimentos e contextos diversos. Além disso oferece uma base teórica para compreender como os professores mobilizam diferentes conhecimentos ao planejar, implementar e refletir sobre práticas de ensino, ao favorecer o desenvolvimento profissional docente.

Figura 4 – Conhecimentos necessários ao professor que ensina Matemática para o desenvolvimento profissional com base no TPACK



Fonte: elaborada pelos autores (2025).

Para potencializar a aprendizagem, o professor que ensina Matemática precisa articular e integrar diferentes conhecimentos. Experienciar o *Mathematics TPACK* possibilita repensar a abordagem pedagógica, ao promover relações entre conhecimentos isolados e combinados a partir da tríade de conhecimentos — tecnológico, pedagógico e de conteúdo, articulados à compreensão do contexto escolar e das especificidades de cada estudante. Desse modo, emergem compreensões que potencializam as práticas docentes e favorecem a integração das TD em sala de aula. Essa integração requer a exploração de abordagens diversificadas e a incorporação gradual e reflexiva das TD no ensino de Matemática.

Basniak e Estevam (2018) definem o TPACK do professor de Matemática como o conjunto de conhecimentos necessários para reconhecer o potencial pedagógico das TD no ensino e na aprendizagem da Matemática. Os autores ressaltam que o desenvolvimento do *Mathematics TPACK* demanda mobilização do conhecimento pedagógico da Matemática em relação aos conhecimentos específico e tecnológico, com o propósito de promover uma integração intencional das TD na dimensão pedagógica.

Ao mobilizar o *Mathematics TPACK*, os professores que ensinam Matemática articulam o conhecimento matemático às estratégias didáticas, ao considerar as limitações e as potencialidades da integração intencional das TD. Contudo, conforme observam Oliveira, Henriques e Gutiérrez-fallas (2018), ainda é frequente que as TD sejam tratadas apenas como



ferramentas, em vez de serem compreendidas como meios para explorar e desenvolver ideias matemáticas relevantes. De modo semelhante, Bueno *et al.* (2023) evidenciam que muitos professores continuam percebendo as TD apenas como recursos complementares. O desafio, portanto, consiste em compreender como e por que integrar as TD, articulando-as de forma intencional aos conhecimentos docentes, para que não apenas incrementem atividades, mas transformem o processo de ensino e aprendizagem da Matemática.

Com base em Rodrigues (2018), podemos destacar dificuldades intrínsecas e extrínsecas. Intrinsecamente, professores resistem a mudanças por visão restrita de TD e insegurança da formação inicial. Extrinsicamente, sobrecarga de trabalho, burocracia e demandas administrativas limitam tempo para estudo e planejamento. A infraestrutura escolar — conectividade instável, poucos dispositivos e falta de manutenção — e a ausência de suporte técnico agravam o problema.

Superar esses entraves pressupõe um esforço coletivo entre o poder público, os professores, os formadores e as instituições escolares. Essa ação conjunta demanda políticas educacionais de longo prazo, com financiamento contínuo voltado à infraestrutura, conectividade e manutenção, bem como tempo institucional para o planejamento colaborativo, apoio técnico permanente e parcerias entre universidades, centros de pesquisa e redes de ensino. Somente a articulação constante dessas iniciativas pode favorecer uma integração contextual, intencional e pedagógicas das TD no ensino de Matemática.

Essas transformações reforçam a necessidade de estudos permanentes e de formações continuadas fundamentadas em referenciais teóricos articulados às TD. Bueno *et al.* (2023) observam que muitas dessas formações ainda se concentram na compreensão técnica das TD, em vez de promover sua articulação aos conhecimentos docentes, o que limita o desenvolvimento de estratégias de ensino integradas. Para superar essa lacuna, torna-se essencial a colaboração docente, por meio do planejamento em pares e do compartilhamento de práticas que mobilizem o TPACK, ao favorecer a construção de percepções sobre as interações e limitações entre os diferentes conhecimentos docentes. Instituições formadoras e autoridades educacionais necessitam manter compromisso contínuo com essa formação, ao reconhecer que a incorporação do *Mathematics TPACK* constitui um processo gradual, que requer dedicação, tempo e suporte institucional.

5 Considerações Finais

Considerando o papel das TD, sua integração intencional e pedagógica contribui para intensificar os processos de ensino e aprendizagem da Matemática, sem substituir o professor, mas enriquecendo a construção dos conceitos no contexto sociocultural e educacional. O modelo TPACK oferece uma estrutura teórica e metodológica que orienta essa integração de forma contextual e planejada no ensino.

Este artigo apresentou os conhecimentos do modelo TPACK como base para o desenvolvimento profissional de professores que ensinam Matemática, sendo fundamental que compreendam cada conhecimento que compõe o TPACK. O CK do componente de Matemática, conforme unidades temáticas da BNCC; o XK considera o contexto do ambiente escolar e das especificidades dos estudantes; o PK abrange as metodologias e estratégias de ensino, a gestão da sala de aula e os processos avaliativos; e o TK diz respeito à integração das TD no ensino. Nas interseções, o PCK articula pedagogia e conteúdo; o TCK evidencia como as TD podem favorecer a compreensão de conceitos matemáticos; e o TPK se refere à experiência pedagógica com as TD, voltada ao apoio e aperfeiçoamento das práticas docentes.

A combinação desses conhecimentos configura o TPACK, que representa a integração contextualizada das TD no ensino, ao orientar o professor na construção de práticas pedagógicas que potencializem o ensino de Matemática. Nesse sentido, o objetivo e a questão norteadora deste estudo foram alcançados, pois foram identificados, descritos e analisados os conhecimentos que integram o TPACK e suas implicações para o desenvolvimento profissional docente.

A trajetória analítica, teórica e histórica do modelo TPACK apresentada evidencia seu avanço no campo educacional, especialmente na perspectiva do *Mathematics TPACK*, que organiza níveis de pensamento orientadores da integração das TD no ensino. Dessa forma, o estudo contemplou o percurso teórico proposto, articulando conceitos, evolução histórica e aplicações na Educação Matemática.

O modelo TPACK constitui um referencial teórico que impulsiona a mobilização dos professores na compreensão dos conhecimentos necessários para ensinar conteúdos específicos integrando as TD. Entretanto, sua incorporação às práticas docentes enfrenta entraves intrínsecos — como insegurança e falta de tempo — e extrínsecos, relacionados à ausência de políticas, infraestrutura e incentivos institucionais. Mesmo sem recorrer explicitamente ao modelo, professores articulam conhecimentos ao mediar “o que ensinar” e “como ensinar”, o que demanda reconhecimento institucional, valorização profissional, tempo para planejamento

e oportunidades de formação continuada.

Também evidenciamos fatores extrínsecos — infraestrutura limitada, burocracia na aquisição de equipamentos, ausência de políticas públicas, carência de suporte técnico e sobrecarga de trabalho — reconhecidos como barreiras que exigem compromisso político e institucional. Nem todas as escolas dispõem de recursos para experienciar TD no ensino de Matemática, o que revela desigualdades e fragilidades que extrapolam a prática docente. Assim, a integração das TD não pode ser compreendida como responsabilidade exclusiva do professor, mas como ação sistêmica.

O *Mathematics TPACK* apresenta cinco níveis de progressão — reconhecimento, aceitação, adaptação, exploração e avanço — que descrevem a evolução da integração das TD no ensino. De forma complementar, suas cinco dimensões — currículo, avaliação, aprendizagem, ensino e acesso — orientam a reflexão docente e favorecem análises contextualizadas. Foi feita uma discussão ao explicitar tais níveis e dimensões, demonstrando como podem apoiar o desenvolvimento profissional docente, e o estudo avança ao discutir a mobilização de conhecimentos específicos de Matemática *com e sobre* TD, abrangendo diferentes modalidades educativas e destacando a integração intencional, pedagógica, gradual e contextual. Esses níveis auxiliam na identificação da posição do professor e orientam a seleção e adaptação das TD, promovendo evolução contínua conforme o contexto educacional.

Reiteramos que não será apenas a presença das TD na sala de aula que promoverá transformações nos processos de ensino e aprendizagem. O impacto pedagógico depende da formação docente, da articulação entre os conhecimentos do TPACK e da intencionalidade pedagógica, reforçando que investimentos restritos à infraestrutura tecnológica mantêm o uso periférico das TD. Reafirma-se, ainda, a importância de investigações contínuas que mapeiem o panorama do TPACK na Educação Matemática. À medida que avançam as TD, os professores podem experienciar níveis progressivos do modelo, articulando-os às dimensões de currículo, avaliação, aprendizagem, ensino e acesso, de modo a sustentar o planejamento contínuo de seu desenvolvimento profissional. Assim, este artigo contribui para o campo ao fortalecer a compreensão conceitual do TPACK e ao indicar direções para pesquisas futuras e políticas de formação docente.

Referências

ALBUQUERQUE, C.; VELOSO, E.; ROCHA, I.; SANTOS, L.; SERRAZINA, L.; NÁPOLES, S. **A matemática na formação inicial de professores**. Lisboa: APM e SPCE, 2006. Disponível em:



https://spiem.pt/DOCS/2006_A_Matematica_na_Formacao_Inicial_de_Professores.pdf.
Acesso em: 18 nov. 2025.

ANGELI, C.; VALANIDES, N. Epistemological and methodological issues for the conceptualization, development, and assessment of ICT-TPCK: Advances in technological pedagogical content knowledge (TPCK). **Computer & Education**, v. 52, n. 1, p. 154-168, 2009. Disponível em: <https://www.etpe.gr/wp-content/uploads/pdfs/etpe1289.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2025.

ANGELI, C.; VALANIDES, N. Preservice elementary teachers as information and communication technology designers: An instructional systems design model based on an expanded view of pedagogical content knowledge. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 21, n. 4, p. 292-302, 2005. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=EJ694222>. Acesso em: 18 nov. 2025.

ARNAL-BAILERA, A.; OLLER-MARCEN, A. M. Formación del Profesorado y Demostración Matemática. Estudio Exploratório e Implicaciones. **Bolema**, Rio Claro, v. 31, n. 57, p. 135-157, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bolema/a/gFxPCPCpG9dxYHffV8TyQZk/abstract/?lang=en>. Acesso em: 15 nov. 2025.

AMTE. ASSOCIATION OF MATHEMATICS TEACHER EDUCATORS. **Mathematics TPACK** (Technological Pedagogical Content Knowledge) Framework, 2009. Disponível em: <https://citejournal.org/wp-content/uploads/2016/04/v9i1mathematics1.pdf>. (Apêndice A)
Acesso em: 16 nov. 2025.

BALL, D. L.; THAMES, M. H.; PHELPS, G. Content knowledge for teaching: What makes it special? **Journal of Teacher Education**, v. 59, n. 5, p. 389-407, 2008. Disponível em: <https://citeserx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=2daa67d3bbde0d751eab7302c6704f41f9f31f97>. Acesso em: 15 nov. 2025.

BASINIAK, M. I.; ESTEVAM, E. J. G. Conhecimento tecnológico e pedagógico de matemática revelado por professores quando relatam suas práticas. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemática**, v. 14, n. 31, p. 3-21, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/5793/4997>. Acesso em: 11 nov. 2025.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Ministério da Educação. Brasília, 2018. Disponível em: https://www.gov.br/mec/pt-br/escola-em-tempo-integral/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal.pdf. Acesso em: 10 nov. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). Conselho Nacional de Educação (CNE). Parecer nº 14, de 10 de julho de 2020. **Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Continuada de Professores da Educação Básica e Base Nacional Comum para a Formação Continuada de Professores da Educação Básica** (BNC-Formação Continuada). Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://abmes.org.br/arquivos/legislacoes/Resolucao-cne-cp-001-2020-10-27.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. Anexo ao Parecer Conselho Nacional de Educação (CNE)/Câmara de Educação Básica (CEB) nº 2/2022. **Normas sobre Computação na**



Educação Básica - Complemento à Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2022. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/fevereiro-2022-pdf/236791-anexo-ao-parcer-cneceb-n-2-2022-bncc-computacao/file>. Acesso em: 18 nov. 2025.

BUENO, R. W. da S.; BORGES, T. D. B.; LIMA, V. M. do R. Percepções docentes sobre o deslocamento das interações pedagógicas para meios digitais. **Revista Dynamis**, v. 27, n. 2, p. 136-151, 2021. Disponível em: <https://ojsrevista.furb.br/ojs/index.php/dynamis/article/view/9638/5111>. Acesso em: 10 nov. 2025.

BUENO, R. W. da S.; VIALI, L.; BARTHO, J.; BUENO, S. W. Tecnologias Digitais na docência contemporânea sob a luz do TPACK. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 13, n. 1, p. 1-17, 2023. Disponível em: <https://publicacoes.unigranrio.edu.br/recm/article/view/6443/3825>. Acesso em: 10 nov. 2025.

CASTAMAN, A. S.; RODRIGUES, Ricardo A. Educação a Distância na crise COVID - 19: um relato de experiência. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 6, p. 1-26, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/3699/3909>. Acesso em: 15 nov. 2025.

CHAI, C. S.; KOH, J. H. L.; TSAI, C. C. A review of technological pedagogical content knowledge. **Educational Technology & Society**, v. 16, n. 2, p. 31-51, 2013. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1016563>. Acesso em: 10 nov. 2025.

CIBOTTO, R. A. G. **O uso pedagógico das Tecnologias da Informação e Comunicação na formação de professores**: uma experiência na Licenciatura em Matemática. 2015. 273 f. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.

CIBOTTO, R. A. G.; OLIVEIRA, R. M. M. A. TPACK – Conhecimento tecnológico e pedagógico do conteúdo: uma revisão teórica. In: VIII Encontro de Produção Científica e Tecnológica (EPCT), Campo Mourão. **Anais...** Campo Mourão PR: Universidade Estadual do Paraná, 2013.

CIBOTTO, R. A. G.; OLIVEIRA, R. M. M. A. TPACK – Conhecimento tecnológico e pedagógico do conteúdo: uma revisão teórica. **Imagens da Educação**, v. 7, n. 2, p. 11-23, 2017. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ImagensEduc/article/view/34615/pdf>. Acesso em: 13 nov. 2025.

COUTINHO, C. M. G. F. P.; SAMPAIO, P. A. da S. R. Ensinar Matemática com TIC: em busca de um referencial teórico. **Revista Portuguesa de Pedagogia**, v. 46, n. 2, p. 91-109, 2012. Disponível em: https://impactum-journals.uc.pt/rppedagogia/article/view/1647-8614_46-2_5. Acesso em: 13 nov. 2025.

DUDENEY, G.; HOCKLY, N.; PEGRUM, M. **Letramentos digitais**. Trad. M. Marcionilo. São Paulo: Parábola Editorial, 2016.

FONTES, A. da S. F.; CARGNIN, C.; SILVA, D. F. da S.; COSTA, E.; SCHWERZ, R. C. Formação continuada sobre TDIC em época de pandemia: algumas reflexões. **Formação**



Docente, v. 13, n. 1, p. 108-119, 2021. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/356904571_FORMACAO_CONTINUADA_SOBR_E_TDIC_EM_EPOCA_DE_PANDEMIA algumas_reflexoes. Acesso em: 20 nov. 2025.

GRAHAM, C. R. Theoretical considerations for understanding technological pedagogical content knowledge (TPACK). **Computers & Education**, v. 57, n. 3, p. 1953-1960, 2011. https://www.researchgate.net/publication/220140241_Theoretical_considerations_for_understanding_Technological_Pedagogical_Content_Knowledge_TPACK. Acesso em: 10 nov. 2025.

HARRIS, J. B.; PHILLIPS, M.; KOEHLER, M.; ROSENBERG, J. M. Editorial 33 (3): TPCK/TPACK Research and Development: Past, Present, and Future Directions.

Australasian Journal of Educational Technology, v. 33, n. 3, p. i-viii, 2017. Disponível em: <https://ajet.org.au/index.php/AJET/article/view/3907/1461>. Acesso em: 10 nov. 2025.

HARRIS, J.; MISHRA, P.; KOEHLER, M. J. Teachers' technological pedagogical content knowledge and learning activity types: Curriculum-based technology integration reframed. **Journal of Research on Technology in Education**, v. 41, n. 4, p. 393-416, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/272786975_Teachers'_Technological_Pedagogical_Content_Knowledge_and_Learning_Activity_Types_Curriculum-based_Technology_Integration_Reframed. Acesso em: 16 nov. 2025.

KOEHLER, M. J.; MISHRA, P.; CAIN, W. Qué son los Saberes Tecnológicos y Pedagógicos del Contenido (TPACK)? **Investigacion y Ciencia**, v. 6, n. 10, p. 9-23, 2015. Disponível em: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/vesc/article/view/11552/11983>. Acesso em: 15 nov. 2025.

KOEHLER, M. J.; MISHRA, P.; CAIN, W. What is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? **Journal of Education**, v. 193, n. 3, p. 13-19, 2013. Disponível em: <https://citejournal.org/wp-content/uploads/2016/04/v9i1general1.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2025.

MAZON, M. J. S. **TPACK (Conhecimento pedagógico de conteúdo tecnológico)**: relação com as diferentes gerações de professores de matemática. 2012. 124 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciência, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2012.

MENDONÇA, F. de Q. C.; SOARES, C. V. C. de O. Tecnologias digitais na sala de aula: Um breve olhar para a BNCC. In: XIII Colóquio do Museu Pedagógico. **Anais...** Vitória da Conquista, 13, p. 2764-2768, 2019.

MISHRA, P.; KOEHLER, M. J. Teachers learning technology by design. **Journal of Computing in Teacher Education**, v. 21, n. 3, p. 94-102, 2005. Disponível em: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ882473.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2025.

MISHRA, P.; KOEHLER, M. J. Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. **Teachers College Record**, v. 108, n. 6, p. 1017-1054, 2006. Disponível em: https://one2oneheights.pbworks.com/f/MISHRA_PUNYA.pdf. Acesso em: 10 nov. 2025.



MISHRA, P.; KOEHLER, M. J. What is technological pedagogical content knowledge? **Contemporary Issues in Technology and Teacher Education**, v. 9, n. 1, p. 60-70, 2009. Disponível em: <https://citejournal.org/volume-9/issue-1-09/general/what-is-technological-pedagogicalcontent-knowledge/>. Acesso em: 16 nov. 2025.

MISHRA, P. Considering Contextual Knowledge: The TPACK diagram gets an upgrade. **Journal of Digital Learning in Teacher Education**, v. 35, n. 2, p. 76-78, 2019. Disponível em: <https://punyamishra.com/wp-content/uploads/2019/04/TPACK-upgrade-Mishra-2019.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2025.

NATIONAL COUNCIL OF TEACHERS OF MATHEMATICS (NCTM). **Principles and standards for school mathematics**. Reston, VA: Author, 2000.

NIESS, M. L. Guest Editorial: Preparing teachers to teach mathematics with technology. **Contemporary Issues in Technology and Teacher Education**, v. 6, n. 2, p. 195-203, 2006. Disponível em: <https://citejournal.org/volume-6/issue-2-06/mathematics/guest-editorial-preparing-teachers-to-teach-mathematics-with-technology/>. Acesso em: 11 nov. 2025.

NIESS, M. L.; RONAU, R. N.; SHAFFER, K. G.; DRISKELL, S. O.; HARPER, S. R.; JOHNSTON, C.; BROWNING, C.; KOCA, A. Ö.; KERSAINT, G. Mathematics Teacher TPACK Standards and Development Model. **Contemporary Issues in Technology and Teacher Education**, v. 9, n. 1, p. 4-24, 2009. Disponível em: <https://citejournal.org/wp-content/uploads/2016/04/v9i1mathematics1.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2025.

NIESS, M. L.; GILLOW-WILES, H. Expanding teachers' technological pedagogical reasoning with a systems pedagogical approach. **Australasian Journal of Educational Technology**, v. 33, n. 3, p. 77-95, 2017. Disponível em: <https://ajet.org.au/index.php/AJET/article/view/3473/1462>. Acesso em: 11 nov. 2025.

NIESS, M. L. Preparing teachers to teach science and mathematics with technology: Developing a technology pedagogical content knowledge. **Teaching and Teacher Education**, v. 21, p. 509-523, 2005. Disponível em: https://one2oneheights.pbworks.com/f/Niess_M.pdf. Acesso em: 11 nov. 2025.

OLIVEIRA, H.; HENRIQUES, A.; GUTIÉRREZ-FALLAS, L. F. A Integração da Tecnologia na Planificação de Aulas na Perspectiva do Ensino Exploratório: Um estudo com futuros professores de Matemática. **Perspectiva**, v. 36, n. 2, p. 421-446, 2018. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/perspectiva/article/view/2175-795X.2018v36n2p421/pdf_1. Acesso em: 10 abr. 2025.

OLIVEIRA, A. M. R.; MACÊDO, J. A. de. Desafios de acesso e inovação pedagógica com tecnologias digitais no ensino de Matemática. **RIPEM – Revista Interdisciplinar de Pesquisa em Educação Matemática**, Brasília, v. 15, n. 2, p. 1–21, 2025. Disponível em: <https://www.sbmembrazil.org.br/periodicos/index.php/ri pem/article/view/4526>. Acesso em: 17 nov. 2025.

PALIS, G. de L. R. Desenvolvimento curricular e pesquisa participante: Integração de um Sistema de Computação Algébrica na transição do ensino médio para o superior em matemática. In: **Proceedings of the 1st International Congress of Mathematics, Engineering and Society**. PUCPR, Curitiba, Brasil, 2009.



PALIS, G. de L. R. O conhecimento tecnológico, pedagógico e do conteúdo do professor de Matemática. **Educação Matemática e Pesquisa**, v. 12, n. 3, p. 432-451, 2010. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/view/4288/3695>. Acesso em: 17 nov. 2025.

PELIZZARO, T. E M.; SILVA, J. R. P. de L.; RICHIT, A. O ensino de Matemática na rede municipal de Concórdia/SC no contexto da pandemia: perspectivas à formação de professores a partir do TPACK. **CONTRAPONTO**, v. 3, n. 4, p. 88-113, 2022. Disponível em: <https://publicacoes.ifc.edu.br/index.php/contraponto/article/view/2756/2323>. Acesso em: 17 nov. 2025.

PHILLIPS, M.; HARRIS, J. PCK and TPCK/TPACK: More than Etiology. In: LANRAN, E.; BORUP, J. (Eds.). **Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference**, 2109-2116. Washington, D.C., United States: AACE, 2018. Disponível em: <https://activitytypes.wm.edu/PhillipsHarris-PCKandTPACKMoreThanEtiology.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2025.

PIERSON, M. E. Technology integration practice as a function of pedagogical expertise. **Journal of Research on Computing in Education**, v. 33, n. 4, p. 413–430, 2001. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/33804516_Technology_Integration_Practice_as_a_Function_of_Pedagogical_Expertise. Acesso em: 15 nov. 2025.

PRADO, R. T. **Conhecimento tecnológico pedagógico do conteúdo na formação inicial de professores de Física**: Percepções de atores da prática sobre uma proposta formativa centrada na aprendizagem. 2022. 209 f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Saúde) – Instituto Nutes de Educação em Ciências e Saúde, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

RODRIGUES, A. L. Dificuldades e desafios na integração das tecnologias digitais na formação de professores – estudos de caso em Portugal. **Revista Contrapontos**, Itajaí, v. 19, n. 4, p. 354-373, 2018. Disponível em: <http://educa.fcc.org.br/pdf/ctp/v18n4/1984-7114-ctp-18-04-354.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2025.

ROGERS, E. M. **Diffusion of innovations**. New York: Free Press, 1995.

SAAD, M.; BARBAR, A. M.; ABDUL-REIDA, S. Introduction of TPACK-XL A Transformative View of ICT-TPCK for Building Pre-Service Teacher Knowledge Base. **Jornal Turco de Formação de Professores**, v. 1, n. 2, p. 41-60, 2012. Disponível em: https://tujted.com/files/15/manuscript/manuscript_616/tujted-616-manuscript-235235.pdf. Acesso em: 17 nov. 2025.

SHULMAN, L. S. Conhecimento e ensino: fundamentos para a nova reforma. Trad. L. Beck. **Cadernos Cenpec**, v. 4, n. 2, p. 196-229, 2014. Disponível em: <https://maiza.com.br/wp-content/uploads/2017/04/Conhecimento-e-ensino-Lee-Shulman.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2025.

SHULMAN, L. S. Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. **Educational Researcher**, v. 15, n. 2, p. 4-14, 1986. Disponível em: <https://www.wcu.edu/webfiles/pdfs/shulman.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2025.



SHULMAN, L. S. Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. **Harvard Educational Review**, v. 57, n. 1, p. 1-22, 1987. Disponível em: <https://people.ucsc.edu/~ktellez/shulman.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2025.

SILVA, K. A. F.; MATTA, C. E. da. Percepções docentes sobre o conhecimento tecnológico pedagógico em um curso de formação continuada. **EmRede – Revista de Educação a Distância**, Porto Alegre, v. 11, n. 1, p. 1-21, 2024. Disponível em: <https://www.aunirede.org.br/revista/index.php/emrede/article/view/1025>. Acesso em: 17 nov. 2025.

THOMPSON, A. D.; MISHRA, P. Breaking news: TPCK becomes TPACK! **Journal of Computing in Teacher Education**, v. 24, n. 2, p. 1-2, 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/285241714_Breaking_news_TPCK_becomes_TPACK. Acesso em: 15 nov. 2025.

TIANI, N. R. **Perspetivas de professores sobre TIC na educação**: um estudo na perspetiva do TPACK - Technological Pedagogical Content Knowledge. 2017. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Educação, Área de Especialização em Tecnologia Educativa) – Instituto de Educação, Universidade do Minho, Braga, 2017.

VOOGT, P.; FISSER, P.; ROBLIN, N. P.; TONDEUR, J.; BRAAK, J. V. Technological pedagogical content knowledge: a review of the literature. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 29, n. 2, p. 1-14, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/235733342_Technological_pedagogical_content_knowledge_-_A_review_of_the_literature. Acesso em: 15 nov. 2025.

WING, J. **Research notebook**: Computational thinking—What and why? The Link Magazine, Spring: Carnegie Mellon University, Pittsburgh, 2011.

YEH, Y. F; HSU, Y. S. WU, H. k.; HWANG, F. K.; LIN T. C. Desenvolver e validar o conteúdo pedagógico tecnológico conhecimento-prático (TPACK-prático) através da técnica Delphi survey. **British Journal of Educational Technology**, v. 45, n. 4, p. 707-722, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/259445178_Developing_and_validating_technological_pedagogical_content_knowledge_-_practical_TPACK-Practical_through_the_Delphi_Survey_Technique. Acesso em: 18 nov. 2025.

YURDAKUL, I. K.; ODABASI, H. F.; KILICER, K.; COKLAR, N.; BIRINCI, G.; KURT, A. A. The Development, Validity and Reliability of TPACK-Deep: A Technological Pedagogical Content Knowledge Scale. **Computers & Education**, v. 58, n. 3, p. 964-977, 2012. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=EJ952461>. Acesso em: 18 nov. 2025.