

O conhecimento Tecnológico, Pedagógico e do Conteúdo na formação dos professores de Ciências: análise da produção acadêmica brasileira

Technological, Pedagogical, and Content Knowledge in Science Teacher Education: An Analysis of Brazilian Academic Production

Fabiana Martins de Freitas ^a, Márcia Adelino da Silva Dias ^b

^a Doutora em Ensino pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Campina Grande, Brasil; ^b Doutora em Educação Pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e Docente do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Campina Grande, Brasil.

Resumo. O artigo objetiva mapear a produção acadêmica registrada na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações sobre o modelo do Conhecimento Tecnológico, Pedagógico e do Conteúdo (TPACK) na formação de professores de Ciências, observando indícios da abordagem crítica na articulação desses conhecimentos. A pesquisa adota uma abordagem qualitativa e realiza uma revisão da literatura com base em trabalhos publicados entre 2012 e 2023. A análise do corpus permitiu a construção de categorias que evidenciam padrões, tendências e lacunas em relação à articulação dos saberes docentes na prática pedagógica. Os resultados indicam crescimento em pesquisas que se apoiam no modelo TPACK, nos últimos seis anos, e o caracterizam como um referencial teórico viável, porém complexo, na integração e mobilização dos saberes e práticas docentes. A análise aponta para uma tendência de valorização da formação continuada como ponto primordial para o desenvolvimento dos saberes tecnológicos docentes e revela lacunas com relação a trabalhos que assumem o TPACK teoricamente, mas pouco problematizam como a mobilização dos saberes acontece na prática escolar. Os resultados sinalizam necessidade de investigações que não apenas adotem o modelo como base teórica, mas que explorem o processo na prática, como também considerem a criticidade como componente essencial na formação.

Palavras-chave:

Formação docente, Ensino de Ciências, Modelo TPACK.

Submetido em

28/07/2025

Aceito em

18/03/2026

Publicado em

29/04/2026

Abstract. This article aims to map the academic production registered in the Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations on the Technological, Pedagogical, and Content Knowledge (TPACK) model in science teacher training, observing evidence of a critical approach to the articulation of this knowledge. The research adopts a qualitative approach and conducts a literature review based on works published between 2012 and 2023. The corpus analysis allowed the construction of categories that highlight patterns, trends, and gaps regarding the articulation of teaching knowledge in pedagogical practice. The results indicate a growth in research based on the TPACK model over the last six years and characterize it as a viable, yet complex, theoretical framework for the integration and mobilization of teaching knowledge and practices. The analysis points to a trend toward valuing continuing education as a key element in the development of technological knowledge for teachers and reveals gaps in studies that theoretically assume TPACK but rarely address how knowledge mobilization occurs in school practice. The results indicate the need for research that not only adopts the model as a theoretical basis but also explores the process in practice, as well as considering criticality as an essential component in training.

Keywords:

Teacher training, Science Teaching, TPACK Model.

Introdução

O Ensino de Ciências tem assumido um papel cada vez mais relevante frente aos desafios contemporâneos, especialmente em um cenário marcado por intensas transformações

sociais, culturais e tecnológicas. As rápidas mudanças provocadas pela inserção das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC), o negacionismo climático e científico, as *Fake News*, entre outros fatores são exemplos de uma realidade que exige que a prática docente vá além da mera transmissão de conteúdos. Essa conjuntura demanda dos professores um conjunto de saberes cada vez mais alinhado com a realidade social, requisitando uma perspectiva crítica que permita analisar, contextualizar e problematizar para além do conteúdo científico.

Nesse contexto, torna-se essencial discutir a formação docente e os saberes necessários a serem mobilizados no exercício da profissão. Autores como Shulman (1986), Tardif (2002) e Pimenta (2012) contribuem significativamente para esse debate ao reconhecerem a natureza plural dos saberes docentes, compreendidos como construções que emergem da formação, da experiência e da prática pedagógica. Suas abordagens reforçam a necessidade de articulação entre teoria e prática no processo formativo, especialmente diante das demandas complexas que atravessam a Educação e o Ensino de Ciências.

Para Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018), o Ensino de Ciências é um caminho essencial pelo qual os professores podem conduzir os estudantes a ampliar seus aspectos cultural, científico e tecnológico, capacitando-os para atuar ético e criticamente nas demandas cotidianas atuais. Assim, diante das exigências contemporâneas, torna-se necessário uma formação docente que promova a integração e mobilização de diferentes saberes docentes propícios à sua atuação no Ensino de Ciências.

Nesse contexto, um dos modelos teóricos utilizados para compreender e apoiar essa mobilização de saberes é o *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK), traduzido para o Português como o Conhecimento Pedagógico, Tecnológico e do Conteúdo, proposto por Mishra e Koehler (2006). O modelo propõe uma abordagem complexa e integradora entre os conhecimentos pedagógicos, tecnológicos e do conteúdo específico, entendendo que a prática docente requer a articulação entre essas três dimensões de forma contextualizada.

Apesar da relevância do modelo, ainda são escassas as sistematizações que explorem de forma ampla como o TPACK tem sido incorporado no contexto da formação de professores para o Ensino de Ciências, especialmente em investigações brasileiras. Essa lacuna justifica a necessidade de revisões da literatura que identifiquem, analisem e sistematizem os estudos que abordam essa interface, permitindo compreender avanços, limites e possibilidades do campo.

Nesse sentido, optou-se por analisar exclusivamente pesquisas desenvolvidas no contexto brasileiro, considerando que os processos de formação docente e a incorporação de tecnologias digitais ao ensino são fortemente condicionados por aspectos institucionais, curriculares e político-educacionais próprios de cada país. Ainda que o TPACK se configure como um modelo de relevância internacional, sua apropriação teórica e metodológica ocorre de modo situado, atravessada por condições históricas, institucionais e formativas específicas. Além disso, as teses e dissertações constituem um espaço privilegiado de produção teórica e metodológica, permitindo identificar tendências, limites e fragilidades na apropriação do referencial TPACK na formação de professores. Esses elementos justificam o

recorte nacional adotado, que visa mapear criticamente o estado do conhecimento produzido no Brasil e contribuir para a compreensão das especificidades desse contexto, oferecendo subsídios para reflexões futuras, inclusive de caráter comparativo com a produção internacional.

Diante disso, o presente artigo tem como objetivo mapear a produção acadêmica registrada na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) sobre o modelo do Conhecimento Tecnológico, Pedagógico e do Conteúdo (TPACK) na formação de professores de Ciência, observando indícios de uma abordagem crítica na articulação desses conhecimentos. Trata-se de uma revisão de literatura, com abordagem qualitativa, que realizou um levantamento, seleção e análise de dissertações e teses publicadas entre os anos de 2012 a 2023. Apesar da busca na BDTD ter retornado um número extenso de trabalho, o corpus da pesquisa foi composto por apenas nove trabalhos, incluindo dissertações e teses, que atenderam aos critérios de inclusão e exclusão estabelecidos no método.

Quanto à estrutura organizacional, o artigo se estabelece, inicialmente, apresentando o referencial teórico que fundamenta a pesquisa, com foco na discussão sobre o modelo TPACK e formação docente no Ensino de Ciências. Em seguida, são descritos os procedimentos metodológicos da revisão. Posteriormente, discutem-se os resultados com base nas categorias e subcategorias emergentes. Por fim, são apresentadas as considerações finais, destacando as contribuições do estudo para o campo acadêmico.

O modelo TPACK e a criticidade na mobilização de saberes na formação docente

Os saberes docentes se constituem e se desenvolvem de forma inter-relacionada, mobilizando conhecimentos da experiência, curriculares, pedagógicos, metodológicos, entre outros. A construção e/ou ressignificação desses saberes pode e deve acontecer em contextos de formação, conforme sugere Freire (2001).

Dentre as diversas definições encontradas na literatura que objetivam classificar os saberes docentes, (Shulman, 1986; Tardif, 2002; Pimenta, 2012), destacamos o modelo *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK), traduzido como Conhecimento Tecnológico Pedagógico do Conteúdo, proposto por Mishra e Koehler (2009), professores pesquisadores norte-americanos.

Antes de discutirmos sobre o TPACK, é válido mencionar que ele foi idealizado a partir do modelo *Conhecimento Pedagógico do Conteúdo* (PCK) de Shulman (1986). O PCK de Lee Shulman foi proposto com base na mobilização e inter-relação dos conhecimentos pedagógicos e dos conhecimentos do conteúdo que o professor precisa ter. Numa figura representativa, o modelo PCK de Shulman (1986) pode ser visualizado da seguinte forma:

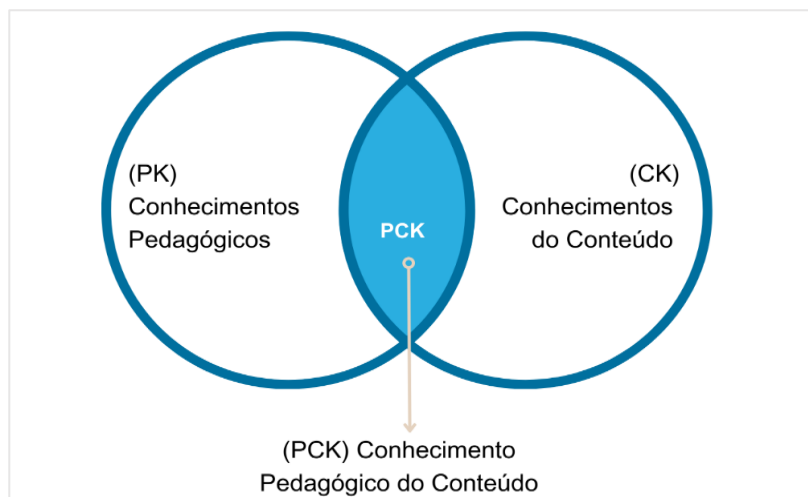


Figura 1. Estrutura do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) (adaptado pelas autoras, 2023, com base em Shulman, 1986).

Embora inicialmente apresentado por Shulman (1986; 1987) como a integração entre o conhecimento do conteúdo e o conhecimento pedagógico, o conceito de Pedagogical Content Knowledge (PCK) foi sendo discutido e tensionado ao longo das décadas seguintes.

Em trabalho posterior, Shulman (1987, p. 8) amplia essa formulação inicial ao sistematizar uma base de conhecimento profissional docente composta por diferentes categorias inter-relacionadas, entre as quais se incluem o conhecimento do conteúdo, o conhecimento pedagógico geral, o conhecimento do currículo, o conhecimento dos alunos e de suas características, o conhecimento dos contextos educacionais e o conhecimento dos fins, propósitos e valores educacionais. Nesse conjunto, o autor atribui centralidade ao Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK), compreendido como a articulação específica entre conteúdo e pedagogia que distingue o conhecimento do professor do conhecimento disciplinar, ao permitir a organização, representação e adaptação dos conteúdos às condições concretas de ensino e aprendizagem.

Nesse movimento de aprofundamento teórico, Grossman (1990) propôs que o PCK se constitui a partir de diferentes bases de conhecimento docente, entre as quais se destacam o conhecimento do conteúdo específico, o conhecimento pedagógico geral, o conhecimento pedagógico do conteúdo e o conhecimento do contexto. Essa ampliação proposta pela autora desloca o PCK de uma compreensão restrita à articulação entre ensinar e saber os conteúdos disciplinares para uma perspectiva situada do ensino, reconhecendo que a prática docente é atravessada por dimensões institucionais, socioculturais e históricas

Nesse sentido, é possível perceber que o professor não mobiliza apenas “o que ensinar” e “como ensinar”, mas onde, para quem e sob quais condições. Desse modo, conforme sistematizado por Grossman (1990), o conhecimento do contexto, por exemplo, constitui uma base fundamental do PCK, ao lado do conhecimento do conteúdo e do conhecimento pedagógico. Esse tipo de conhecimento envolve a compreensão das características institucionais da escola, do currículo, das políticas educacionais, dos recursos disponíveis, bem como das dimensões socioculturais que atravessam o processo de ensino e aprendizagem. Ao reconhecer o contexto como elemento constitutivo do conhecimento

docente, o PCK passa a ser compreendido como um saber situado, construído na e pela prática, e não como um conjunto de competências abstratas ou transferíveis de modo homogêneo entre diferentes realidades educacionais.

Ainda no âmbito das discussões sobre o PCK, a pesquisadora Gess-Newsome (1999), referência importante nos estudos sobre o PCK no ensino de Ciências, com base nas propostas de Shulman (1986) e Grossman (1990), propõe dois modelos analíticos para compreender sua constituição e desenvolvimento na formação de professores, que são o modelo integrativo e o modelo transformativo. No modelo integrativo, o PCK é concebido como resultado da articulação entre o conhecimento do conteúdo, o conhecimento pedagógico e o conhecimento do contexto. Já no modelo transformativo, o PCK emerge como um novo tipo de conhecimento, produzido a partir da transformação desses saberes de base por meio da prática docente, da reflexão e da experiência situada. A figura a seguir pode representar como esses dois modelos podem ser compreendidos:

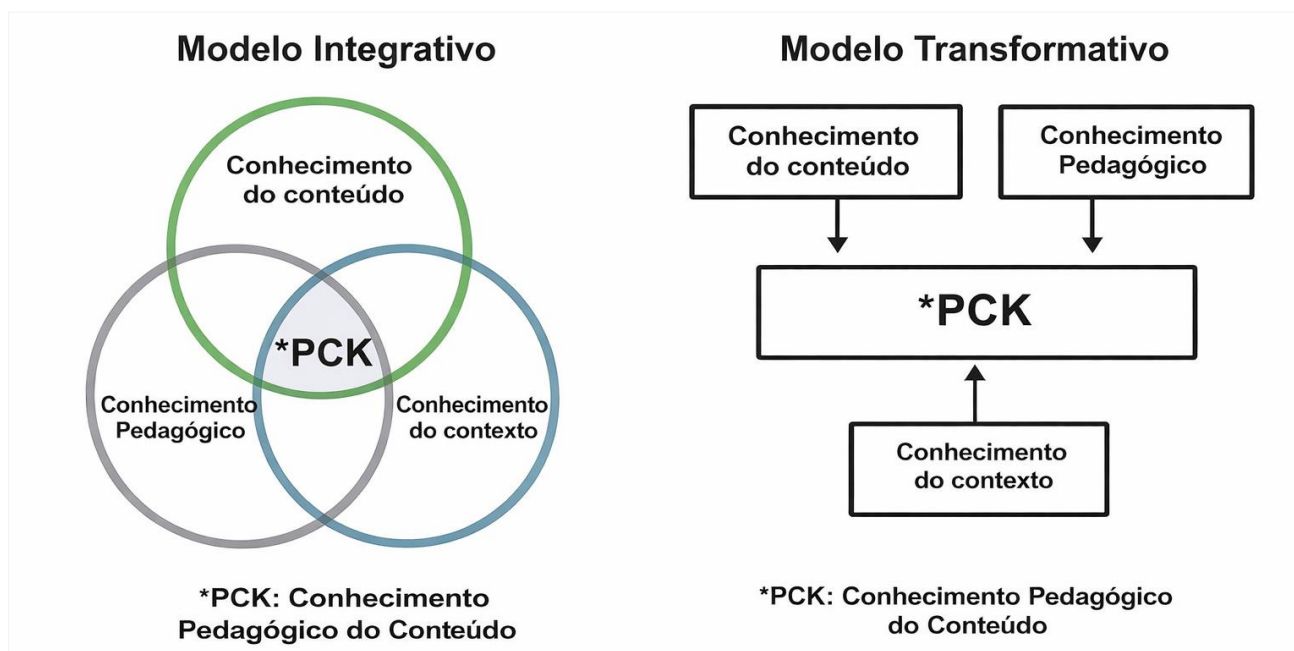


Figura 2. Modelo Integrativo e Transformativo no Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) (adaptado pelas autoras, 2026, com base Gess-Newsome, 1999).

Com base na imagem, a partir dos estudos de Gess-Newsome (1999), podemos inferir que os modelos Integrativo e Transformativo de PCK representam extremos de um contínuo explicativo sobre o conhecimento docente. No Modelo Integrativo, o PCK não se constitui como um domínio específico, sendo compreendido como a articulação entre conhecimentos de conteúdo, pedagogia e contexto, que se integram no ato de ensinar. Já no Modelo Transformativo, o PCK é entendido como o resultado de um processo de transformação desses conhecimentos de maneira singular, diretamente mobilizada na prática docente. Para a mesma autora, ambos os modelos podem se manifestar, a depender do momento profissional do professor, implicando diferentes concepções e organização curricular na formação de professores de Ciências. Em síntese, o modelo integrativo compreende o PCK

como a articulação entre diferentes bases de conhecimento, ao passo que o modelo transformativo o concebe como o resultado de um processo de transformação profunda desses saberes na constituição cognitiva e na prática profissional do professor.

A compreensão dos modelos Integrativo e Transformativo do PCK traz implicações significativas para a formação de professores de Ciências, especialmente no que se refere à organização curricular e às estratégias formativas adotadas. Quando a formação se orienta pelo Modelo Integrativo, tende a estruturar-se a partir de cada um de seus componentes, cuja articulação ocorre, sobretudo, no exercício da docência. Já o Modelo Transformativo demanda propostas formativas que integrem, desde a formação inicial, a prática pedagógica, a reflexão sobre o contexto e o ensino de Ciências, favorecendo a transformação desses conhecimentos em PCK.

Com base nessas discussões, é notório que as compreensões acerca do PCK vêm se ampliando ao longo do tempo, passando de uma concepção inicial centrada na articulação entre conhecimento pedagógico e conhecimento do conteúdo para abordagens mais complexas, que reconhecem seu caráter situado, dinâmico e sensível ao contexto e à prática docente. Por outro lado, é válido mencionar que estudos mais recentes têm problematizado e aprofundado a compreensão do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo, destacando tanto seu potencial explicativo quanto seus limites teóricos e metodológicos. Kind (2009), ao revisar criticamente a literatura sobre PCK no ensino de Ciências, aponta desafios relacionados à delimitação conceitual do construto, à diversidade de interpretações existentes e às dificuldades de sua operacionalização empírica. De modo complementar, Abell et al. (2009) enfatizam a natureza dinâmica e situada do PCK, propondo modelos formativos que consideram o desenvolvimento desse conhecimento ao longo da prática e da formação de professores formadores. Tais contribuições evidenciam que o PCK não constitui um modelo estático, mas um campo em constante reelaboração teórica e investigativa.

Nesse ponto de vista, concordamos com Kind (2009, p. 3) ao afirmar que “Embora haja amplo consenso de que o PCK seja um conceito útil, descobrir exatamente o que ele abrange e usar esse conhecimento para desenvolver boas práticas na formação de professores não é tarefa fácil”. Essa complexidade se reflete também na dinâmica ao longo da carreira docente, pois, conforme destacam Abell et al. (2009), o desenvolvimento do PCK é um processo contínuo ao longo da carreira docente, em que o professor vai ampliando suas competências e compreensões por meio da prática, da reflexão e da formação.

O avanço dessas discussões, materializado em diferentes modelos explicativos, contribuiu para compreender o PCK não apenas como integração de saberes, mas como um conhecimento profissional construído e transformado na ação pedagógica. Esse amadurecimento teórico abriu caminho para a proposição de modelos posteriores, como o TPACK, proposto por Mishra e Koehler (2009), que amplia o escopo do PCK ao incorporar o conhecimento tecnológico como dimensão constitutiva do conhecimento docente na contemporaneidade.

Para estes autores, os saberes *Pedagógicos*, *Tecnológicos* e do *Conteúdo* representam uma interação complexa, os quais se combinam e interagem, compondo a base dos saberes essenciais ao professor.

No modelo TPACK, a combinação do saber Tecnológico com cada uma área de saber (PK e CK) dá origem a um novo tipo de saber. O resultado dessa combinação origina o modelo TPACK, o qual é composto pela interseção de seis tipos de saberes (TK, TCK, CK, PCK, PK, TPK). Para Mishra e Koehler (2009) essa é uma interação complexa entre conhecimentos do Conteúdo, Pedagogia e Tecnologia.

Vale ressaltar que, neste modelo, o conhecimento do contexto não aparece formalizado como um domínio de conhecimento equivalente aos saberes tecnológico, pedagógico e do conteúdo, caracterizando-se, entretanto, como uma condição estruturante que envolve e influencia a articulação desses três conhecimentos.

Para entendermos melhor essa interação e interseção, apresentamos a figura abaixo, com base no modelo TPACK de Mishra e Koehler (2009):

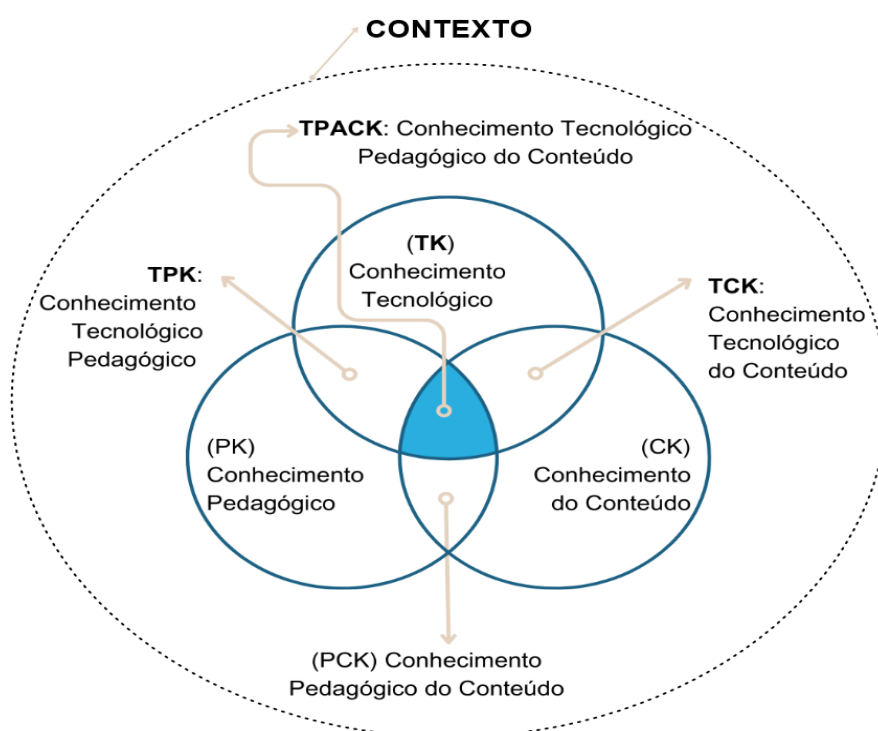


Figura 3. Estrutura do Conhecimento Tecnológico Pedagógico do Conteúdo (TPACK) (adaptado pelas autoras, 2023, com base em Mishra e Koehler, 2009).

Na representação acima, o conhecimento Tecnológico foi adicionado ao modelo PCK de Shulman. O Conhecimento Tecnológico (TK), segundo Mishra e Koehler (2009), e outros pesquisadores como Leite (2022) e Freitas (2020), diz respeito aos conhecimentos provenientes do uso de tecnologias, nas quais englobam desde tecnologias convencionais, como livros e lousas a tecnologias mais atuais, como àquelas provenientes do universo digital, as ditas Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC).

Ainda com base na figura, a interação do conhecimento Tecnológico (TK) com outros saberes docentes, faz emergir mais dois tipos de conhecimento:

- 1) Conhecimento Tecnológico Pedagógico (TPK);
- 2) Conhecimento Tecnológico do Conteúdo (TCK).

Para Mishra e Koehler (2009), o TPK, que é resultado da interação do Conhecimento Tecnológico com o Conhecimento Pedagógico, é uma forma de usar as tecnologias de maneira pedagógica, sobretudo porque muitas delas não foram criadas necessariamente com fins educativos. Os saberes do conhecimento tecnológico pedagógico são essências para o uso de tecnologias em sala, principalmente se considerarmos as problemáticas que estas representam quando seu uso não passa pela criticidade e cuidados necessários.

No que se refere ao TCK, que resulta da interação do Conhecimento Tecnológico com o Conhecimento do Conteúdo, segundo Mishra e Koehler (2009), este diz respeito à importância de os professores dominarem os conteúdos específicos das disciplinas a serem trabalhados com os alunos para que o uso da tecnologia possa trazer condições de ampliar o entendimento do aluno. Sem o domínio do conteúdo pelo professor, a tecnologia não poderá colaborar na construção do conhecimento. Algumas ferramentas digitais, mesmo tendo sido idealizadas com objetivos educacionais, não dispensam a importância do domínio do conteúdo pelo professor para ajudar o aluno no processo de construção do conhecimento.

Além dessa interação, que resulta no TPK e TCK, a compreensão sobre o Conhecimento Tecnológico (TK) corresponde ainda, segundo Leite (2022), às habilidades de manusear recursos manuais, *softwares*, aplicativos e programas, requisitando a capacidade para atuar com tais aparatos em situações concretas. Estas habilidades, segundo o mesmo autor, devem estar em permanente processo de reflexão e atualização, tendo em vista que as tecnologias, principalmente as digitais, sofrem constantes mudanças.

Nesse sentido, o TK, com foco no uso de tecnologias digitais na sala de aula, é uma proposta que amplia o universo de saberes docentes, tendo em vista que seu uso apropriado, planejado e mobilizado com os outros saberes docentes pode trazer contribuições positivas no cenário educativo e na formação do aluno.

As compreensões do TK, de acordo com Mishra e Koehler (2009), requisitam um nível básico de letramento tecnológico, já que esse letramento prevê um certo tipo de fluência no uso de tecnologias. Essa fluência não se limita ao seu uso meramente técnico, sendo necessário aos usuários uma compreensão crítica do uso que se faz do recurso, sobretudo ao considerar os desdobramentos que a inserção dessas ferramentas pode resultar na sociedade.

É importante ressaltar que o domínio do TK não prevê a supervalorização de uma tecnologia em detrimento de outra, o que se pretende é o uso apropriado dessas ferramentas enquanto recursos pedagógicos para o ensino.

Vivendo em uma sociedade em que as tecnologias digitais permeiam diversos espaços sociais, torna-se relevante que o professor se aproprie do conhecimento tecnológico (TK) para integrar essas e outras tecnologias às práticas pedagógicas. No modelo TPACK, essa integração pressupõe o reconhecimento do contexto no qual os sujeitos e as práticas educativas se inserem. Embora o contexto não seja formalizado como um domínio de saber no modelo, conforme já mencionamos, ele se apresenta como um elemento estruturante que permeia e orienta a articulação entre os saberes tecnológico, pedagógico e do conteúdo, como ilustrado na figura.

Nesse aspecto, reforçamos a importância de o Conhecimento Tecnológico, enquanto saber primordial no repertório docente, considerar o viés crítico na inserção e apropriação das tecnologias digitais na escola e na sociedade. Reforçamos essa nossa compreensão alicerçados nos estudos de Freire (1984), com o alerta que faz em um dos seus textos, o qual se intitula de *A máquina está a serviço de quem?*, que nos leva a compreender que as máquinas são invenções interessantes, mas que requisitam nosso olhar crítico em torno de quem elas estão a serviço.

Nessa mesma direção, Moran (2018) também nos alerta sobre os problemas, desafios, distorções e dependências que as tecnologias causam, mas que também são benéficas se utilizadas de modo correto. Já Koerner (2021) nos chama atenção para o fortalecimento do capitalismo de vigilância que o uso acrítico das ferramentas digitais pode causar.

Assim, considerando as tecnologias digitais dentro do universo tecnológico, podemos inferir que as ideias expostas por esses autores requisitam um certo nível de letramento tecnológico digital. Xavier (2011, p. 03) define o letramento digital como “[...] a aquisição de um conjunto de habilidades para ler, escrever e interagir com a mediação de equipamentos digitais”. Para o mesmo autor, esse tipo de letramento se configura como novas práticas para ler, escrever e interagir com a linguagem hipertextual e interativa, presente nos modos de comunicação atual. O letramento digital não pressupõe apenas o uso técnico dos recursos, mas requisita um sentido crítico na forma dos seus variados usos.

Nessa compreensão, o letramento tecnológico digital, na perspectiva crítica, permitirá que o professor reconheça quando o uso de determinada tecnologia pode ajudar ou não a atingir os objetivos educacionais almejados.

A promoção de práticas de letramento tecnológico digital para docentes é uma alternativa para colaborar no letramento digital dos alunos. Por isso, envolver o Conhecimento Tecnológico nas propostas de formação docente é uma estratégia importante, uma vez que “[...] muitos docentes apresentam dificuldades no uso de tecnologias, quer seja elas padrão ou digitais” (Leite, 2022, p. 55).

No contexto geral, ao direcionarmos essas reflexões para o ensino de Ciências, podemos afirmar que a estrutura TPACK, que envolve a mobilização dos saberes docentes relativos aos conhecimentos pedagógicos, tecnológicos e do conteúdo, representa um dos caminhos possíveis para a promoção da alfabetização científica do aluno. Isso se deve ao fato de que as práticas voltadas para essa promoção exigem uma interação complexa e integrada desses saberes docentes.

Essas interações denotam que nenhum campo do saber docente é suficiente sozinho, ambos se completam com o mesmo grau de importância, requisitando ao professor a capacidade de mobilizá-los simultaneamente para atingir os objetivos que se espera.

Apesar de ser recente, a teoria TPACK, proposta há quase 20 anos, pelos pesquisadores e professores Mishra e Koehler (2009), vem ganhando espaço no cenário educacional, sobretudo porque é cada vez mais notória a expansão dos recursos tecnológicos digitais nos espaços sociais e, conseqüentemente nas escolas.

Nesse cenário de crescente presença das tecnologias nos espaços escolares, é importante que a formação docente, ao adotar o modelo TPACK como eixo norteador de suas propostas, contemple também uma postura crítica diante do uso dessas ferramentas. A criticidade deve ser um elemento estruturante da prática pedagógica, pois permite ao professor não apenas integrar os saberes tecnológicos, pedagógicos e de conteúdo, mas também refletir sobre as finalidades de sua atuação docente e os impactos sociais e formativos do uso das tecnologias. Em tempos marcados pela fácil disseminação de informações, pela rápida obsolescência dos recursos e pelas desigualdades no acesso, é a criticidade que possibilita ao professor fazer escolhas conscientes, éticas e contextualizadas, tornando o uso das TDIC uma alternativa viável para uma educação científica mais reflexiva, emancipatória e alinhada aos desafios contemporâneos.

Nesse cenário, a criticidade, no nosso ponto de vista, se apresenta como um elemento que deve permear nas intersecções dos seis tipos de saberes, presentes no modelo. Numa figura representativa, apresentamos, a partir do nosso ponto de vista, como a abordagem crítica pode aparecer no modelo TPACK.

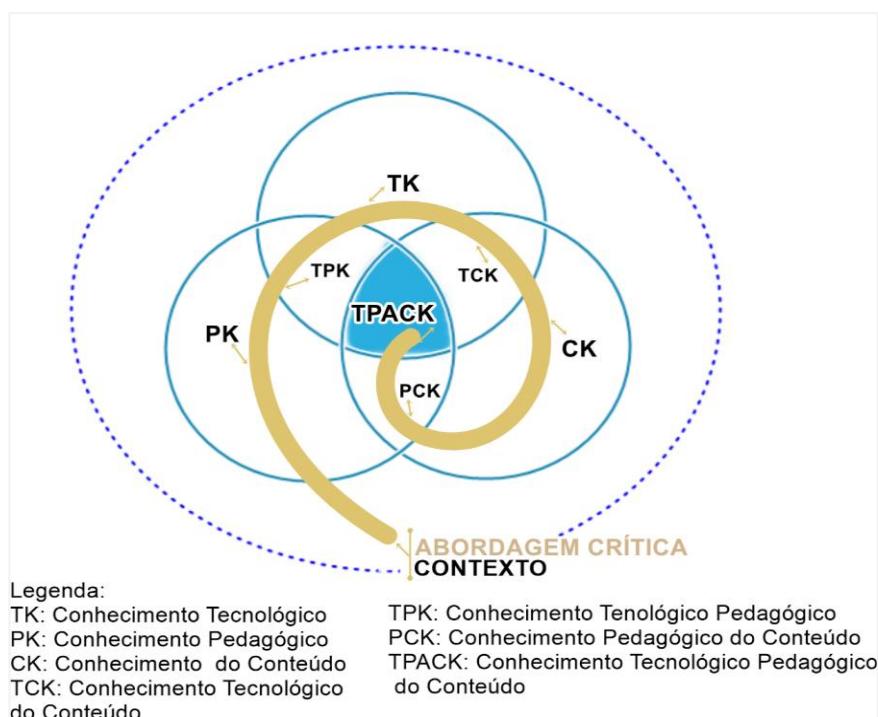


Figura 4. Estrutura do Conhecimento Tecnológico Pedagógico do Conteúdo (TPACK) e a abordagem crítica (adaptado pelas autoras, 2023, com base no modelo de Mishra e Koehler, 2009).

Essa representação visual, que destaca a abordagem crítica em forma de espiral, aponta que a criticidade não está contida em uma única esfera do saber ou de modo isolado, mas sim transcende todos os domínios, influenciando a maneira como os professores mobilizam os saberes da pedagogia, da tecnologia e do conteúdo em sala de aula. Essa abordagem em espiral enfatiza a importância de promover o pensamento crítico como uma parte fundamental da educação em todas as áreas de conhecimento, realizando movimentos que não se fecham e não têm fim.

A figura busca representar como essa abordagem pode se integrar na mobilização dos saberes Tecnológicos, Pedagógicos e do Conteúdo. Nesse sentido, podemos compreender que essa integração realiza dois movimentos: o primeiro, simboliza a criticidade que parte do contexto, a fim de relacioná-los com a tecnologia, pedagogia e conteúdos da área; e o segundo, trata-se do movimento de mobilizar os conhecimentos construídos (TPACK) com a criticidade para retornar para o contexto em que se vive. Então, passamos a entender que a criticidade, quando incorporada de maneira fluida e integrada, em movimentos que se retroalimentam, torna-se um elemento primordial para o ponto de partida e de chegada nas propostas pedagógicas, seja essas propostas para formação de professores, seja dos professores para com os alunos.

A representação visual apresentada usa o espiral para expressar a ideia de continuidade e integração entre os diferentes tipos de conhecimento, sendo a criticidade a dimensão que os atravessa de forma contínua e interconectada entre os saberes a serem explorados e mobilizados.

À luz de Freire (2003), entendemos a criticidade como ação que resulta da curiosidade, inclusive da curiosidade ingênua. Para o autor, a curiosidade ingênua está associada ao senso comum, a qual também tem sua importância na constituição dos saberes humanos. Contudo, Freire (2003) defende que a criticidade é um caminho para superar a curiosidade ingênua, a qual, não deixando de ser curiosidade, poderá se transformar em curiosidade epistemológica ao ser criticizada. Essa curiosidade epistemológica, segundo o autor, não se dá automaticamente e, por isso, é preciso promover e encorajar práticas educativas visando:

[...] o desenvolvimento da curiosidade crítica, insatisfeita, indócil. Curiosidade com que podemos nos defender de “irracionalismos” decorrentes ou produzidos por certo excesso de “racionalidade” de nosso tempo altamente tecnologizado. E não vai nesta consideração de quem, de um lado, não diviniza a tecnologia, mas de outro a diaboliza. De quem a olha ou mesmo a espreita de forma criticamente curiosa (Freire, 2003, p. 18).

Nesse trecho, Freire (2003), ao mesmo tempo que defende a promoção de práticas educativas para fortalecer a criticidade, também nos deixa um alerta com relação a tempo que estamos vivendo, o qual é marcado pela forte presença das tecnologias. O autor defende o desenvolvimento da curiosidade crítica como um dos meios para conviver com os desafios da sociedade altamente tecnológica que esse tempo nos impõe.

Nesse aspecto, a criticidade, enquanto curiosidade crítica, é uma forma de não aceitar passivamente as informações e situações que nos são apresentadas. Ela nos dá condições para questionar, analisar e buscar compreender amplamente determinadas situações em ambientes em que a tecnologia é tida como dominante.

No contexto do nosso debate, alinhamos nosso ponto de vista às proposições de Freire (2003), principalmente quando ele defende que uma abordagem crítica não se destina apenas para fortalecer a rejeição ou a aceitação cega da tecnologia, mas para promover uma postura equilibrada e questionadora. Assim, em vez de adotar posicionamentos extremistas que idolatram ou rejeitam as TDIC, que possamos adotar um olhar curioso e inquieto, que considere impactos e implicações destas na sociedade.

De modo geral, acreditamos que a abordagem crítica é a mais apropriada e conveniente para a promoção de um Ensino de Ciências que almejamos e para a formação cidadã de indivíduos críticos, pensantes e atuantes em seus cotidianos. Compreendemos que o modelo TPACK é um caminho viável para repensar as propostas de formação, já que tal modelo contribui para integrar e mobilizar saberes pedagógicos, tecnológicos e do conteúdo na formação docente em Ciências. No entanto, para que essa integração promova um ensino que resulte na formação do aluno enquanto cidadão crítico e atuante, é fundamental que esteja orientada por uma perspectiva crítica, capaz de refletir sobre os desdobramentos e implicações da ciência e tecnologia no contexto educacional e social.

Por fim, à luz desse percurso teórico, podemos observar que os estudos sobre o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo evoluíram de uma concepção inicialmente centrada na articulação entre conteúdo e pedagogia, proposta por Shulman (1986), para abordagens mais complexas e situadas, que incorporam o conhecimento do contexto como dimensão constitutiva do saber docente, conforme sistematizado por Grossman (1990) e aprofundado por Gess-Newsome (1999). Conforme discutimos, as contribuições de Kind (2009) e Abell et al. (2009) reforçam esse movimento ao evidenciar o caráter dinâmico, processual e situado do PCK, bem como os desafios de sua delimitação e operacionalização na formação de professores. Esse amadurecimento teórico abriu caminho para a proposição do TPACK, proposto por Mishra e Koehler (2009), que amplia o modelo ao incorporar o conhecimento tecnológico como dimensão indispensável à docência contemporânea. No entanto, diferentemente dos modelos teóricos de PCK, o TPACK não formaliza o conhecimento do contexto como um domínio específico, mas o reconhece como elemento estruturante da articulação entre pedagogia, conteúdo e tecnologia. Esse fator pode nos ajudar a compreender por que muitas propostas formativas ancoradas no TPACK permanecem restritas à mobilização teórica de saberes, enfrentando dificuldades de implementação quando descoladas das condições reais de atuação docente. Assim, compreender o TPACK em diálogo com a trajetória dos estudos do PCK permite afirmar que seu potencial formativo pode ser influenciado diretamente da consideração crítica e situada do contexto, entendido não apenas como pano de fundo, mas como elemento que orienta, tensiona e ressignifica a integração entre saberes, sobretudo no ensino de Ciências. Tão importante quanto o conhecimento do contexto, a criticidade emerge, nesse cenário, como uma dimensão indispensável para orientar escolhas pedagógicas conscientes, éticas e contextualizadas, evitando tanto a adoção acrítica quanto a rejeição simplista das tecnologias na formação docente.

Encaminhamentos metodológicos

Este estudo se caracteriza como uma revisão de literatura, que segue uma abordagem qualitativa, de natureza bibliográfica, com foco na produção acadêmica relacionada ao modelo teórico do TPACK, à formação de professores e ao ensino de Ciências.

A abordagem qualitativa permite interpretações mais profundas e contextuais dos dados, alinhando-se à perspectiva de Stake (2011), que destaca a importância da compreensão holística dos fenômenos educacionais. A presente revisão de literatura se fundamenta em um levantamento bibliográfico que, segundo Gray (2012, p. 85), é um tipo de investigação que

visa “proporcionar um entendimento atualizado do tema, sua importância e sua estrutura”, além de permitir a identificação de lacunas no conhecimento existente.

A busca foi realizada exclusivamente na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), considerando o objetivo principal deste estudo de mapear produções acadêmicas brasileiras sobre a articulação entre o modelo TPACK, a formação docente e o ensino de Ciências. Para isso, foram utilizados os seguintes termos de buscas combinados pelo operador booleano *and*:

TPACK;

TPACK *and* formação de professores;

TPACK *and* Ensino de Ciências;

TPACK *and* Formação de professores *and* Ensino de Ciências.

O operador *and* permitiu refinar a busca, retornando apenas os trabalhos que abordavam simultaneamente os termos selecionados. Vale ressaltar que a coleta de dados foi realizada no primeiro semestre de 2024. Para este levantamento, estabeleceu-se como marco temporal inicial o ano de 2012, por se tratar do registro do primeiro trabalho acadêmico disponível na BDTD que aborda a temática do TPACK. E como marco final foi definido o final de 2023, permitindo uma análise abrangente da produção acadêmica brasileira sobre o tema ao longo de mais de uma década.

A partir dos termos de buscas mencionados, realizamos refinamentos sucessivos, cruzando o termo “TPACK” com os outros termos-chave, a fim de delimitar melhor o escopo da pesquisa. Cabe esclarecer que, embora a busca inicial na BDTD com o termo “TPACK” tenha retornado um número expressivo de trabalhos, o foco desta investigação recaiu especificamente sobre os trabalhos identificados a partir do cruzamento dos termos “TPACK” *and* “formação de professores” *and* “Ensino de Ciências”, por se alinharem diretamente ao objetivo do estudo. A partir desse recorte, realizamos a aplicação de critérios de inclusão e exclusão, selecionando apenas os trabalhos que tratavam da articulação efetiva entre essas três dimensões.

Assim, para análise dessas produções, foram incluídos somente trabalhos que abordassem de forma explícita a relação entre o modelo TPACK, a formação docente e o ensino de Ciências e foram excluídos os trabalhos repetidos, indisponíveis, desvinculados das temáticas centrais ou que mencionassem o TPACK apenas de maneira genérica, sem articulação com a formação de professores em Ciências. Após leitura criteriosa de títulos, resumos e, quando necessário, dos textos completos, foram selecionados somente trabalhos que atendessem a tais critérios definidos, compondo o corpus final da análise.

Após esse refinamento e seleção dos trabalhos a serem explorados, com base nos critérios estabelecidos, fizemos a análise do material selecionado por meio da Análise de Conteúdo, conforme proposta de Bardin (2016), que permite classificar e interpretar os dados a partir de categorias e subcategorias definidas. As categorias e subcategorias foram organizadas da seguinte forma:

Categoria 1: O modelo TPACK nas diferentes áreas de formação do ensino de Ciências

Subcategorias:

- 1.1) TPACK na formação de professores de Biologia;
- 1.2) TPACK na formação de professores de Física;
- 1.3) TPACK na formação de professores de Química;
- 1.4) TPACK na formação de professores de Ciências do Ensino Fundamental.

Categoria 2: O TPACK na implementação de propostas para formação de professores de Ciências

Essas categorias possibilitaram compreender tanto o modo como o TPACK é explorado em diferentes subáreas do ensino de Ciências quanto as abordagens formativas que vêm sendo propostas nos trabalhos analisados, conforme veremos a seguir.

Resultados, análises e discussões

Com base nos termos de buscas utilizados na BDTD, montamos o seguinte quadro para apresentar tais resultados:

Quadro 1. Resultados da busca na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações.

Termos de busca	Total de trabalhos	Dissertações	Teses	01/2012 até 12/2017: 6 anos	01/2018 até 12/2023: 6 anos
TPACK	97	59	38	34 trabalhos	63 trabalhos
TPACK <i>and</i> Formação de professores	68	40	28	27 trabalhos	41 trabalhos
TPACK <i>and</i> Ensino de Ciências	58	36	22	20 trabalhos	38 trabalhos
TPACK <i>and</i> Formação de professores <i>and</i> Ensino de Ciências	45	27	18	17 trabalhos	28 trabalhos

Pesquisa obtida na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, realizada em janeiro de 2024.

Conforme os dados que a busca nos retornou, visualizamos que há um crescente número de trabalhos que investigam a teoria TPACK desde 2012 até os dias atuais, totalizando 97 trabalhos, sendo que destes, 59 são dissertações e 38 são teses.

Para a composição do quadro mencionado, estabelecemos um intervalo de seis anos completos, ou seja, 01/2012 até 12/2017 e 01/2018 a 12/2023, para verificar um possível crescimento ou declínio nas investigações nessa temática. Em face disso, notou-se que as pesquisas estão em crescimento, tendo em vista que dos 97 trabalhos, 63 foram dos últimos seis anos. O mesmo crescimento foi observado em todos os termos empregados no refinamento dessas buscas.

O crescimento das pesquisas que englobam o modelo TPACK e Formação de professores e Ensino de Ciências pode ser interpretado da seguinte forma:

- TPACK *and* Formação de professores: com total de 68 trabalhos, dos quais 41 foram dos últimos seis anos;

- TPACK *and* Ensino de Ciências: com 58 trabalhos, dos quais 38 são dos últimos seis anos;
- TPACK *and* Formação de professores *and* Ensino de Ciências: com 45 trabalhos, das quais 28 são dos últimos seis anos.

Como já destacado, a presente análise não se concentrou nos 97 trabalhos encontrados inicialmente quando usamos o termo de busca “TPACK”, mas sim nos 45 resultados obtidos a partir do cruzamento dos termos “TPACK”, “formação de professores” e “Ensino de Ciências”, sendo esse o recorte que orientou a seleção final e a construção das categorias de análise.

Nessa perspectiva, embora o número de trabalhos resultantes da busca com os termos “TPACK”, “formação de professores” e “Ensino de Ciências” seja considerável, uma análise preliminar dos títulos e resumos revelou que nem todos estavam, de fato, vinculados à área do Ensino de Ciências. Observou-se que alguns trabalhos pertenciam a outras áreas do conhecimento, como Matemática, Geografia, entre outras, exigindo, portanto, um refinamento mais criterioso para compor o corpus de análise do estudo.

Assim, com o objetivo de selecionar apenas os trabalhos alinhados ao campo de interesse desta pesquisa, procedeu-se à análise dos títulos e resumos, o que permitiu excluir aqueles que não pertenciam à área do Ensino de Ciências. A partir desse novo refinamento, obteve-se o seguinte resultado:

Quadro 2. Resultados da busca dos trabalhos especificamente na área de ensino de Ciências.

Termos de busca	Total de trabalhos especificamente na área de ensino de ciências	Dissertações	Teses	2012-2017	2018-2023
TPACK <i>and</i> Formação de professores <i>and</i> Ensino de Ciências	9	7	2	3	6

Pesquisa obtida na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações.

A partir desse refinamento, foram catalogados nove trabalhos que abordam, de forma específica, a articulação entre o modelo TPACK, a formação de professores e o ensino de Ciências. Desses, oito são dissertações e um é tese, com predominância de publicações nos últimos seis anos. Com o intuito de apresentar uma visão panorâmica das produções selecionadas, elaboramos um quadro síntese contendo: título, autores e ano de publicação, objetivos da pesquisa e público participante.

A partir da leitura crítica dos elementos apresentados no quadro, bem como da análise das metodologias e dos resultados dessas investigações, foram elaboradas duas categorias de análise, denominadas empíricas, por terem emergido da leitura analítica dos nove trabalhos selecionados. As categorias, seus respectivos objetivos analíticos e os autores dos estudos analisados estão organizados no quadro a seguir.

Quadro 3. Trabalhos de dissertações e teses encontrados na BDTD.

ID	Título	Autor/ano	Objetivos	Público
Dissertações				
1	O uso das tecnologias de informação e comunicação (TIC) no contexto da aprendizagem significativa para o ensino de ciências	Padilha (2014)	Elaborar um guia de sugestões metodológicas com o uso de recursos digitais virtuais para auxiliar nas dificuldades identificadas junto aos professores de Ciências do colégio investigado.	Professores de ciências da rede pública
2	O potencial de fóruns de discussão em comunidades virtuais de aprendizagem como ferramenta de colaboração entre licenciandos e professores de biologia	Martins (2016)	Caracterizar a participação de licenciandos em Ciências Biológicas e professores de Ciências e Biologia em exercício em três fóruns de uma Comunidade Virtual de Aprendizagem quanto à natureza e ao conteúdo das interações realizadas.	Licenciandos e professores de Ciências biológicas
3	O ensino de ciências e a formação de professores: uma investigação sobre o uso das TIC no contexto de duas escolas públicas da cidade de São Paulo	Santos (2017)	Analisar a formação continuada com abordagem na inserção das TIC por professores de Ciências dessas escolas, destacando suas opiniões sobre o uso desses recursos na sua prática, e as dificuldades de inseri-las como ferramenta pedagógica no contexto das instituições em que atuam.	Professores de ciências da rede pública
4	Integrando tecnologias no ensino de ciências: como formar licenciandos para o século 21?	Souza (2018)	Avaliar o nível de integração entre internet, abordagens pedagógicas e conteúdo de ciências que licenciandos conseguem alcançar na construção de estratégias de ensino a partir da proposta de Harris e Hoffer (2009) em uma disciplina de graduação para o uso de tecnologias educacionais.	Licenciandos do curso de Ciências biológicas
5	Simuladores como elementos tecnológicos no ensino de química	Augusto (2019)	Mostrar como utilizar os recursos digitais PhET (Phet Interactive Simulations) e LabVirt, existentes no site Dia a Dia Educação (Secretaria de Estado da Educação – SEED).	Professores de Química
6	Formação continuada para o uso de tecnologias digitais no ensino de ciências e matemática dos anos iniciais: possibilidade de desenvolvimento profissional	Bianchini (2020)	Investigar as implicações de um curso de formação continuada, ancorado no TPACK e com foco em tecnologias digitais, para o desenvolvimento profissional de professores de Anos Iniciais.	Professores dos anos iniciais da rede pública de ensino
7	Laboratórios remotos no ensino de física: compreensões de professores e licenciandos	Galvão (2021)	Identificar quais são as possibilidades de uso dos laboratórios remotos no ensino de Física na educação básica.	Professores e licenciandos de Física
Teses				
1	O programa institucional de bolsas de iniciação à docência enquanto locus de mobilização de saberes para utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação no ensino de ciências: um itinerário possível?	Souza (2019)	Investigar a contribuição do Pibid de Ciências da Natureza da Univasf campus Senhor do Bonfim – Bahia na mobilização de saberes necessários à utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) enquanto facilitadoras do ensino de Ciências.	Alunos da Licenciatura em Ciências da Natureza e professores da rede pública participantes do Pibid
2	Licenciatura EAD em Ciências e Biodiversidade Vegetal: bases de conhecimento docente, crenças de formadores, percepções e produções de estudantes	Barbosa (2019)	Ampliar a compreensão sobre a formação de professores de Ciências, especialmente relacionada a um tema botânico (Biodiversidade Vegetal).	Professores do ensino superior que lecionam botânica e licenciandos em ciências biológicas

Quadro 4. Categorias de análises dos trabalhos selecionados.

Categorias de análises	Objetivo de análise da categoria	Autores e áreas
Categoria 1) O modelo TPACK nas diferentes áreas de formação do ensino de Ciências Subcategorias: 1.1) TPACK na formação de professores de Biologia 1.2) TPACK na formação de professores de Física 1.3) TPACK na formação de professores de Química 1.4) TPACK na formação de professores de Ciências do Ensino Fundamental	Apontar aspectos relevantes do modelo TPACK no ensino de Ciências e nas áreas de Biologia, Física e Química.	Barbosa (2019) Biologia Souza (2018) Biologia Martins (2016) Biologia Augusto (2019) Química Galvão (2021) Física Souza (2019) Ciências Santos (2017) Ciências Padilha (2014) Ciências
Categoria 2) O TPACK na implementação de propostas para formação de professores de Ciências	Discutir sobre as pesquisas que contemplam o modelo TPACK na formação de professores.	Bianchini (2020) Ciências nos anos iniciais

Elaborado pelas autoras.

Descreveremos a seguir essas categorias e subcategorias, enfatizando as principais contribuições para o ensino de Ciências.

Categoria 1: O modelo TPACK nas diferentes áreas dos saberes

Esta categoria reúne os trabalhos que investigam o modelo TPACK em distintas áreas do Ensino de Ciências. O objetivo central é apontar aspectos relevantes do modelo TPACK no ensino de Ciências e nas áreas de Biologia, Física e Química. Dos nove trabalhos selecionados, oito se enquadraram nesta categoria: Barbosa (2019), Souza (2018) e Martins (2016), com estudos voltados à Biologia; Augusto (2019), na área de Química; Galvão (2021), na área de Física; e Souza (2019), Santos (2017) e Padilha (2014), com investigações relacionadas às Ciências da Natureza de forma mais ampla. Para aprofundar a análise, foram organizadas quatro subcategorias, derivadas desta categoria geral, que evidenciam a importância e as possibilidades do modelo TPACK no contexto do ensino de Ciências.

Subcategoria 1.1: O TPACK na formação de professores de Biologia

Dos trabalhos analisados, se encaixam nessa subcategoria três, tendo como autoria Barbosa (2019), Souza (2018) e Martins (2016), em que desenvolveram seus trabalhos com licenciandos e/ou professores de Biologia e/ou professores do Ensino Superior.

A tese de doutorado de Barbosa (2019) que tem como título “Licenciatura EAD em Ciências e Biodiversidade Vegetal: bases de conhecimento docente, crenças de formadores, percepções e produções de estudantes”, buscou investigar os conteúdos trabalhados em dois cursos de formação em Ciências, na modalidade Educação a Distância (EAD) em universidades de São Paulo. Através de observação e entrevistas com licenciandos e professores, o estudo apontou que ambos os cursos privilegiam o Conhecimento do Conteúdo, com pouca valorização dos Conhecimentos Pedagógicos e Tecnológicos, o que dificulta uma abordagem equilibrada e integrada. Nesse sentido, Barbosa (2019) defende a importância de esses cursos promoverem uma formação mais ampla, incorporando e promovendo, por exemplo, a mobilização de

diversos saberes docentes, como propõe o TPACK, para trabalhar temas como Botânica e Biodiversidade, assuntos estes explorados pela autora.

Barbosa (2019) defende ainda que incorporar o modelo TPACK na formação dos futuros professores de Biologia é uma forma de desenvolver o conhecimento de modo mais integrado e equilibrado. Contudo, ficou evidenciado que há uma supervalorização do conhecimento do conteúdo em detrimento de outros, o que torna a atuação dos futuros professores limitada e também sugere que, ao se privilegiar excessivamente um tipo de conhecimento, minimiza-se as possibilidades para uma abordagem crítica na formação desses futuros profissionais.

Outro trabalho da área de Biologia é a dissertação de Souza (2018), que tem como título “Integrando tecnologias no ensino de ciências: como formar licenciandos para o século 21?”. Sua pesquisa objetivou avaliar o nível de integração de conhecimentos tecnológicos, pedagógicos e do conteúdo em uma disciplina da graduação em Ciências biológicas para o uso de tecnologias educacionais. O autor propôs questionários aos participantes licenciandos e sugeriu a estes a elaboração de planos de ensino com base no modelo TPACK.

Para Souza (2018), os licenciandos conseguiram satisfatoriamente integrar as tecnologias em seus planos de aula. Contudo, notou que as escolhas pedagógicas e as ferramentas tecnológicas que os participantes indicaram em seus planos não foram suficientes para demonstrar seu pensamento crítico e capacidade de análise em torno da ferramenta utilizada. Nesse sentido, seu estudo constatou que a formação inicial do professor de Biologia deve contemplar a mobilização e integração genuína de saberes pedagógicos, tecnológicos e do conteúdo. Por isso, enfatiza que “[...] preparar professores de Biologia e Ciência para ensinar no século XXI desenvolvendo as bases TPACK deve ser um alvo almejado pelos programas de formação inicial e continuada” (Souza, 2018, p. 09).

O destaque dado por Souza (2018) à ausência de pensamento crítico nas escolhas pedagógicas e tecnológicas dos licenciandos evidencia que não basta integrar os saberes proposto pelo TPACK, há que se incorporar uma postura reflexiva e crítica frente ao uso das tecnologias no ensino. Essa observação reforça a importância de uma formação que vá além da instrumentalização técnica e promova uma compreensão mais ampla e consciente do papel das TDIC no Ensino de Ciências e na sociedade.

No trabalho de Martins (2016), intitulado de “O potencial de fóruns de discussão em comunidades virtuais de aprendizagem como ferramenta de colaboração entre licenciandos e professores de biologia”, também encontramos aspectos importantes para refletirmos sobre o TPACK. A autora desenvolveu sua pesquisa com licenciandos e professores de Biologia da modalidade da Educação à Distância (EAD). Para isso, elaborou atividades embasadas no modelo TPACK e analisou a participação dos colaboradores nos fóruns de uma comunidade virtual de aprendizagem.

A pesquisadora realizou duas intervenções para analisar as postagens nesses fóruns e detectou que a presença de ambos foi satisfatória. Após as postagens, realizou momento de interação entre esses professores e licenciandos, na qual constatou que os professores tiveram um nível maior de participação, principalmente, no que se refere aos conhecimentos pedagógicos. Com isso, constatou que em ambientes virtuais, em que não há,

necessariamente, hierarquia, o fluxo de troca de conhecimento é maior. Para Martins (2016, p. 86) “[...] num ambiente em que professores e licenciandos podem interagir livremente é possível um compartilhamento de conhecimentos de mão dupla”. A autora defende ainda que os fóruns de comunicação são uma excelente alternativa para promover a integração dos três tipos de conhecimentos, conforme o modelo TPACK preceitua, sobretudo, no campo da Biologia.

Embora o estudo evidencie uma interação satisfatória entre licenciandos e professores e promova a integração entre os conhecimentos previstos pelo modelo TPACK, não há indícios de que essa mobilização tenha sido acompanhada de uma abordagem crítica. Ou seja, ainda que os fóruns tenham se mostrado espaços potentes para o compartilhamento de saberes, o desenvolvimento de reflexões mais profundas sobre o papel das tecnologias na prática docente e seus impactos no ensino de Biologia não é explicitamente abordado.

A análise geral desta subcategoria permite afirmar que os estudos de Barbosa (2019), Souza (2018) e Martins (2016) apresentam como ponto em comum a valorização do modelo TPACK como referencial para a formação docente no campo da Biologia, especialmente em contextos mediados por tecnologias e/ou na modalidade EAD. Contudo, também se destaca entre os três trabalhos uma lacuna referente à ausência ou fragilidade de uma abordagem crítica na articulação desses conhecimentos. Mesmo quando há evidências de integração entre os saberes propostos pelo TPACK, como no estudo de Martins (2016), não fica claro se essa integração fomenta uma postura reflexiva diante do uso das TDIC e dos conteúdos ensinados. De forma semelhante, Souza (2018) aponta diretamente a dificuldade dos licenciandos em demonstrar pensamento crítico em suas escolhas pedagógicas e tecnológicas. Já Barbosa (2019) evidencia que a ênfase excessiva no conhecimento do conteúdo, sem equilíbrio com os demais saberes, compromete tanto a prática docente quanto a possibilidade de formação crítica.

Portanto, embora os trabalhos reconheçam a importância dessa mobilização de saberes, ainda há caminho a ser percorrido no que se refere à dimensão crítica para formação de professores e alunos.

Subcategoria 1.2: O TPACK na formação de professores de Física

Nessa categoria, selecionamos trabalhos do Ensino de Ciências da área de Física, na qual encontra-se, apenas, o trabalho de Galvão (2021), que traz como título “Laboratórios remotos no Ensino de Física: compreensões de professores e licenciandos”. A autora objetivou identificar as possibilidades relacionadas ao uso de laboratórios remotos no Ensino de Física. Para isso, desenvolveu sua pesquisa a partir da aplicação de questionários com licenciandos e professores de Física da Educação Básica que já fizeram uso de experimentos em laboratórios remotos.

As respostas obtidas no questionário revelaram que esses laboratórios se configuram como importantes opções para o ensino de Física, sobretudo, porque oferecem atividades experimentais mais robustas, as quais colaboram para o despertar da criatividade e senso crítico do aluno ao utilizarem as tecnologias digitais que tais laboratórios proporcionam.

Contudo, as respostas revelaram também que é essencial uma formação docente adequada para uso dessas ferramentas em laboratórios remotos, sendo necessário tanto a mobilização de saberes pedagógicos e do conteúdo, como os saberes tecnológicos. Essa mobilização, conforme expressa no modelo teórico TPACK, possibilitará uma maior integração e adaptação dos laboratórios às diversas realidades.

Outro ponto destacado pela autora diz respeito ao fato de os professores e licenciandos de sua pesquisa reconhecerem a importância do uso crítico e criativo das tecnologias nas aulas de Física, principalmente quando eles relacionam o uso de tais ferramentas ao cotidiano e reconhecem que usá-las em sala de aula deve transcender o uso meramente instrumental, operacional e técnico. A autora também enfatiza a importância de a tecnologia, nesse processo, ser um meio e não um fim e, portanto, seu uso no Ensino de Física abre possibilidade para a compreensão dos fenômenos físicos de maneira crítica e criativa, mas não dispensa a formação docente nesse processo de aprendizagem.

Nessa análise, compreendemos a importância dos laboratórios remotos e suas respectivas tecnologias digitais para o Ensino de Física, mas também devemos lembrar a necessidade de formação docente adequada para tal uso, uma vez que a mobilização de saberes tecnológicos junto com os saberes do conteúdo e pedagógicos é essencial para o uso correto desses laboratórios.

Subcategoria 1.3: O TPACK na formação de professores de Química

Na área do ensino de Química, a busca retornou apenas o trabalho de Augusto (2019), que apresenta como título “Simuladores como elementos tecnológicos no ensino de química”. Sua pesquisa objetivou apresentar como os recursos digitais PhET (Phet Interactive Simulations) e LabVirt, existentes no site Dia a Dia Educação (da Secretaria de Estado da Educação – SEED), podem ser usados nas aulas de Química. Para isso, a autora desenvolveu sua pesquisa com professores de Química, a qual consistiu em investigar, por meio de questionário e observação, o uso de simuladores por esses participantes.

Após a investigação e observação das aulas desses professores, a autora detectou indícios de conhecimento em torno do uso de alguns recursos digitais no cotidiano destes. Contudo, notou a necessidade de apoio pedagógico mais consistente para o uso dessas ferramentas também na escola. Visando contribuir nessa problemática, Augusto (2019) propôs uma intervenção que consistia em propor uma Manual Didático do site Dia a Dia, para que esses professores pudessem ampliar suas práticas no uso dos recursos PhET e LabVirt, já que 68% e 56%, respectivamente, dos participantes, de acordo com dados obtidos no questionário proposto, não sabiam manusear esses simuladores oferecidos pela Secretaria de Educação.

Nessa perspectiva, vale ressaltar que não basta as políticas públicas oferecerem os recursos, sejam estes digitais ou não, às escolas, há a necessidade de formação apropriada para seu uso pedagógico. No ensino de Química, propostas voltadas para o uso de simuladores com recursos digitais no ensino de conteúdo como Cinética, a qual foi explorado pela autora, é uma alternativa viável para a construção do aprendizado, sobretudo se essas propostas

tiverem como base a mobilização de saberes do conteúdo, pedagógico e tecnológico, os quais são tidos como essenciais na atuação docente.

A ideia da interlocução da teoria com a prática para trabalhar os conteúdos de Química, apresentada por Augusto (2019) em seu Manual, se embasa na ideia do modelo TPACK, que levou à conclusão que o uso de Tecnologias digitais não faz parte da realidade escolar da maioria dos professores participantes, sendo necessário propostas de formação mais direcionadas para amenizar essa problemática, tendo em vista, sobretudo as demandas da sociedade atual e as inúmeras possibilidades que são oferecidas por tais ferramentas.

É válido mencionar que a autora traz uma crítica ao modelo TPACK quando afirma que os professores, em sua maioria, não estão preparados para articular e mobilizar os saberes do conteúdo, pedagógicos e tecnológicos. Esse fato pressupõe que, embora esse modelo teórico apresente muitas possibilidades para a formação de professores, sua aplicação prática configura-se como um desafio, pois depende do perfil e da predisposição docente. Assim, concordamos que o modelo não estabelece diretrizes claras sobre como essa mobilização deve ocorrer, o que dificulta sua operacionalização nos contextos formativos. Nesse contexto, a autora sugere que deve haver “[...] uma ação conjunta das universidades e governo para dar suporte a esses professores” (Augusto, 2019, p. 98).

Por fim, a autora reconhece o professor como formador de opinião crítica sobre o uso de tecnologias, mas não dá indícios, no manual construído, de como essa criticidade pode ser provocada com os professores em formação.

Subcategoria 1.4: O TPACK na formação de professores de Ciências do Ensino Fundamental

Nessa subcategoria, reunimos trabalhos que abordassem o TPACK em Ciências do Ensino Fundamental. A busca nos retornou os trabalhos de Souza (2019), Santos (2017) e Padilha (2014).

Na tese de doutorado de Souza (2019), intitulada de “O programa institucional de bolsas de iniciação à docência (PIBID) enquanto lócus de mobilização de saberes para utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação no ensino de ciências: um itinerário possível?”, a autora apresenta uma pesquisa realizada com professores do ensino superior que lecionam Botânica e licenciandos do curso de Ciências da Natureza, na qual realizou entrevista com os participantes visando investigar as contribuições do Pibid de Ciências da Natureza na mobilização de saberes necessários para a utilização de tecnologias digitais.

Os resultados obtidos a partir das entrevistas demonstraram que a relação entre os professores e licenciandos é um fator que favorece no uso de tecnologias, tendo em vista a colaboração mútua entre eles e a inserção e convivência nos contextos educativos. Contudo, a autora assinala para diferentes concepções que os participantes têm em torno do papel das tecnologias no processo de ensino. Essas concepções caracterizam o uso dessas ferramentas ora como meio ora como processo, ou ainda como ambos. Essa coexistência de diferentes visões torna a construção do conhecimento Pedagógico, Tecnológico e do Conteúdo um processo complexo, já que o uso de uma ferramenta tecnológica nem sempre significa a mobilização dos demais saberes. Nesse sentido, Souza (2019, p. 09) assinala para a

importância da “[...] reflexão na e sobre a ação, realizada de modo estruturado na condução das atividades do Pibid para que o TPACK seja efetivamente construído”.

Em seu trabalho, a autora defende o uso das tecnologias numa perspectiva construtivista e deixa enfatizado que o modelo dos saberes pedagógicos, tecnológicos e do conteúdo é um referencial de saberes indispensáveis à utilização de ferramentas digitais no ensino, mas que a reflexão na e sobre a ação devem estar presentes nesse uso. Souza (2019) reconhece a popularização das tecnologias na sociedade e defende que o professor se aproprie do saber tecnológico para que a escola não seja apenas consumidora acrítica dessas ferramentas. A análise do seu trabalho permite visualizar que a autora reconhece a importância da abordagem crítica na mobilização desses saberes, sobretudo no uso das tecnologias no ensino.

O segundo trabalho analisado nesta subcategoria foi o trabalho de Santos (2017), o qual está intitulado de “O ensino de ciências e a formação de professores: uma investigação sobre o uso das TIC no contexto de duas escolas públicas da cidade de São Paulo”. Através de um estudo de caso, a pesquisadora realizou entrevistas com professores de Ciências do Ensino Fundamental e coordenadores em torno do uso das tecnologias digitais, bem como realizou intervenções com o uso de softwares educacionais, em que seria observada tanto a prática do professor como o posicionamento do aluno perante esse uso, realizando, também, entrevistas com esses estudantes.

O estudo da autora detectou uma notória defasagem na formação dos professores para o uso de recursos digitais, chegando à conclusão que muitos cursos de formação continuada não suprem a necessidade da sala de aula, pois privilegiam a teoria em detrimento da prática. Além disso, destacou dificuldades que interferem no uso dessas ferramentas, são elas: a infraestrutura da escola, carga horária do professor, receptividade do aluno e as poucas habilidades do professor.

Embora reconheça o potencial das ferramentas digitais, Santos (2017) ressalta que essas dificuldades devem ser levadas em consideração quando se pretende inserir tais aparatos tecnológicos no contexto educativo. Santos (2017) chama atenção também para a importância da reflexão crítica no uso desses recursos, advertindo que, na ausência desse exercício reflexivo, as possibilidades pedagógicas inerentes às tecnologias podem não ser plenamente exploradas.

O último trabalho desta subcategoria foi o trabalho de Padilha (2014), que traz como tema “O uso das tecnologias de informação e comunicação (TIC) no contexto da aprendizagem significativa para o ensino de ciências”, realizado com professores de Ciências da rede pública. A pesquisa investigou os principais obstáculos encontrados por professores de Ciências no uso de recursos digitais, sobretudo, da internet. Para isso, realizou-se entrevista com um grupo de professores de ciências, a qual revelou dois aspectos importantes que interferem no uso apropriado de ferramentas digitais: a infraestrutura das escolas e a falta de formação continuada dos professores para a inserção desses recursos. Apesar de os professores relatarem o uso recorrente da internet no seu dia a dia, afirmam que não usam na escola pelas condições precárias da instituição e por não conhecerem recursos digitais que possam ajudar nas aulas de ciências.

Visando resolver essa problemática, a pesquisadora elaborou um guia de sugestões para o uso de recursos digitais para auxiliar nas aulas de Ciências, o qual pautou-se no modelo TPACK e no referencial da aprendizagem significativa. Para a autora, esses referenciais contribuíram para a mobilização dos saberes necessários aos docentes no uso dessas ferramentas.

A autora usa o termo “imigrante digital” para se referir aos professores, termo já superado por seu propositor, Marc Prensky, que propôs essa metáfora em 2001, mas que, em 2012, sugere que utilizem o termo indivíduos com sabedoria digital (Prensky, 2012), independente da época que nasceram, pois reconhece que independente de sua data de nascimento, todos podem progredir em saberes que envolvem os recursos digitais.

Padilha (2014) evidencia uma preocupação com o viés crítico ao abordar o uso das tecnologias na educação, ao defender a necessidade de uma alfabetização tecnológica que vá além do uso técnico, articulando compreensão de mundo, linguagem tecnológica e contexto sociocultural.

Dessa forma, os estudos de Souza (2019), Santos (2017) e Padilha (2014), voltados ao Ensino de Ciências no Ensino Fundamental, evidenciam a complexidade envolvida no uso pedagógico das tecnologias digitais nesse contexto. As pesquisas convergem ao apresentar preocupação com o desenvolvimento de postura crítica em relação ao uso das tecnologias, bem como ao destacar a importância de uma formação continuada que favoreça essa reflexão crítica sobre as práticas docentes e promova o desenvolvimento de saberes que integrem, de maneira significativa, os aspectos pedagógicos, tecnológicos e de conteúdo. Além disso, ressaltam obstáculos estruturais, como as deficiências de infraestrutura das escolas, que comprometem o uso efetivo desses recursos em sala de aula. Ao adotarem o modelo TPACK como referencial teórico, os trabalhos reafirmam seu potencial para orientar a integração contextualizada das tecnologias digitais no ensino de Ciências, desde que sejam respeitadas as condições reais das escolas e garantido o suporte formativo necessário aos docentes.

Categoria 2: O TPACK na implementação de propostas para formação de professores de Ciências

Nesta segunda categoria, agregamos trabalhos que apresentassem propostas aplicadas na formação de professores de Ciências embasados no modelo TPACK, com o intuito de analisar como é sugerida a mobilização dos saberes tecnológicos, pedagógicos e do conteúdo. Dos nove trabalhos, somente um atendeu a esses requisitos.

Nesse cenário, o trabalho de Bianchini (2020), intitulado de “Formação continuada para o uso de tecnologias digitais no ensino de ciências e matemática dos anos iniciais: possibilidade(s) de desenvolvimento profissional” buscou investigar as contribuições de um curso de formação continuada para uso de tecnologias, ancorado no modelo TPACK. A autora desenvolveu com os participantes uma prática formativa fazendo uso de ferramentas digitais. Com as observações dessa prática, a autora detectou três focos de análises que sugeriram que: 1) a aprendizagem dos professores ocorre de modo empírico, por meio de navegação pela internet; 2) entre os conhecimentos do modelo TPACK, há mais ênfase para o conhecimento do conteúdo de matemática e há maior fragilidade nos conhecimentos de ciências; 3) houve construção da aprendizagem em torno dos saberes almejados.

Para Bianchini (2020), a prática formativa contribuiu para o desenvolvimento profissional, mas reconhece que tal prática é limitada, pontual e passível de ajustes, tendo em vista que cada docente é único, com trajetórias e afinidades diferentes, e que o contexto em que se situam interfere muito no modo como esses saberes são construídos e mobilizados.

O trabalho chama atenção para a fragilização no modo como os conteúdos de ciências são trabalhados nos anos iniciais, fato que nos leva a refletir sobre a formação inicial do professor dessa etapa de ensino. Por transitar nas diversas áreas do saber, por vezes, esse profissional não apresenta conhecimentos consolidados para trabalhar os conteúdos das diversas disciplinas, incluindo, Ciências. Esse fato interfere no processo da promoção da alfabetização científica do aluno, pois segundo Bianchini (2020), se o professor não tem o domínio do conteúdo científico, poderá verbalizar informações equivocadas aos alunos, o que amplia ainda mais as incompreensões e mitos relacionados a ciências. Assim, mesmo usando recursos digitais e metodologias apropriadas, sem a compreensão do conteúdo científico, o processo de aprendizagem ficará inviabilizado de acontecer.

Esse fato reforça que os saberes do conteúdo são tão importantes quanto os saberes tecnológicos e pedagógicos. Por isso, o TPACK não privilegia um conhecimento em detrimento de outro, pois reconhece que cada campo de saber, seja da tecnologia, pedagogia e/ou das disciplinas, trazem contribuições essenciais para a atuação docente.

Em torno do trabalho analisado, concordamos com Bianchini (2020) quando defende que o modelo TPACK deve ser visto como uma alternativa viável para as propostas de formação inicial e continuada dos professores de ciências. Contudo, ressalta que as formações precisam ser mais direcionadas em relação a como os professores podem construir e ampliar seus próprios conhecimentos científicos, tecnológicos e pedagógicos e como estes devem estar instrumentados e mobilizados para colaborar na aprendizagem dos alunos, no caso da área de Ciências.

No trabalho da autora, não evidenciamos a perspectiva da criticidade em torno dos recursos digitais utilizados na sua proposta de formação. A autora deixou claro em suas pretensões que seu foco seria discutir sobre o uso das tecnologias nas áreas de Ciências e Matemática, apontando-as como recurso metodológico que potencializa o processo de ensino e aprendizagem, mas não deu indícios de que a construção do posicionamento e pensamento crítico perante os saberes tecnológicos seria contemplado.

O modelo TPACK e principais padrões, tendências e lacunas nas pesquisas

A análise das dissertações e teses sobre o modelo TPACK na formação de professores de Ciências revela um cenário em que a integração entre os saberes pedagógicos, tecnológicos e de conteúdo é reconhecida como necessária, porém complexa para ser efetivamente concretizada.

Os trabalhos revisados apontam para uma tendência de valorização da formação continuada como espaço para o desenvolvimento desses saberes, especialmente quando articulada à prática docente reflexiva.

Observa-se um padrão recorrente de dificuldades estruturais, como limitações de infraestrutura nas escolas e escassez de formação específica, que comprometem a apropriação crítica e criativa das tecnologias digitais.

Além disso, os estudos analisados compartilham uma preocupação em promover a criticidade no uso das TIC, indicando que seu uso pedagógico não deve se restringir à dimensão instrumental.

Apesar disso, nota-se uma lacuna importante a qual diz respeito ao fato de que os trabalhos que frequentemente assumem o TPACK como referência teórica, pouco avançam na problematização de como ocorre, na prática, a mobilização desses saberes em contextos escolares diversos. Essa ausência de aprofundamento evidencia a necessidade de investigações que não apenas adotem o modelo como base teórica, mas que também explorem os processos concretos, subjetivos e institucionais que influenciam sua aplicação no cotidiano da docência em Ciências.

Diante das análises, pode-se inferir que parte das limitações observadas nas pesquisas fundamentadas no TPACK decorre de um aprofundamento teórico ainda insuficiente quando comparado à trajetória consolidada dos estudos sobre o PCK. Enquanto as discussões em torno do PCK avançaram, ao longo de mais de cinco décadas, na compreensão de sua natureza situada, dinâmica e fortemente atravessada pelo conhecimento do contexto, muitos estudos ancorados no TPACK tendem a operar predominantemente em um nível teórico-prescritivo, enfatizando a articulação entre saberes sem problematizar de modo consistente as condições concretas de sua mobilização na prática docente. A ausência de uma explicitação mais robusta em relação ao “contexto” no modelo TPACK contribui para que as dificuldades de implementação observadas nas formações docentes sejam interpretadas como incipientes, quando, na realidade, estão profundamente relacionadas a fatores institucionais, culturais e estruturais das escolas. Assim, defende-se que o potencial explicativo e formativo do TPACK pode ser ampliado quando analisado em diálogo com os avanços teóricos do PCK, especialmente no que se refere à centralidade do “contexto” e à necessidade de uma abordagem crítica e situada do uso das tecnologias no ensino de Ciências, conforme discutimos e propomos no nosso referencial teórico.

Conclusão

Os trabalhos analisados indicam a necessidade de incorporar o modelo TPACK como uma abordagem integrada nas formações continuadas, sobretudo no campo do ensino da Biologia (Barbosa, 2019; Souza, 2018; Martins, 2016). Também se observa a recomendação de maior ênfase na formação docente para a integração de saberes tecnológicos no ensino de Física e Química para, por exemplo, o uso de laboratórios e simuladores digitais (Galvão, 2021; Augusto, 2019). Enfatizou-se, ainda, a importância da reflexão crítica para a construção e mobilização dos saberes propostos pelo TPACK (Souza, 2019), assim como a necessidade de propostas que minimizem as limitações na formação de professores para o uso de recursos didáticos no ensino de Ciências no Ensino Fundamental (Santos, 2017; Padilha, 2014), considerando a complexidade envolvida no uso das TDIC. No que se refere à formação de

professores dos anos iniciais, o trabalho de Bianchini (2020) chama atenção para a necessidade de uma abordagem mais específica, tendo em vista as múltiplas demandas que esse profissional enfrenta, o que exige uma preparação sólida não apenas para o uso das tecnologias, mas também para o domínio do conteúdo científico e das estratégias pedagógicas.

A criticidade não se apresenta como eixo teórico estruturante nos trabalhos analisados, mas emerge como necessidade percebida ou consequência desejável da articulação entre os saberes docentes e o uso das TDIC, indicando a importância de promovê-la de forma mais intencional nas propostas de formação.

O presente estudo permitiu compreender, ainda, que os autores que defendem a incorporação do saber tecnológico aos demais saberes docentes também reconhecem os desafios de implementação do modelo TPACK, especialmente no que tange à integração das tecnologias digitais no cotidiano escolar. Esses desafios dizem respeito, principalmente, às limitações de infraestrutura (Galvão, 2021; Padilha, 2014; Santos, 2017), à carência de formação continuada (Augusto, 2019; Barbosa, 2019; Santos, 2017) e à necessidade de uma postura crítica diante do uso das ferramentas tecnológicas (Souza, 2019; Souza, 2018; Santos, 2017).

Diante disso, compreende-se que não se trata de incorporar tecnologias a qualquer custo nas aulas, mas sim de considerar as múltiplas realidades presentes nas instituições escolares, bem como a urgência de ressignificar as práticas docentes de maneira crítica e reflexiva. Somente assim será possível consolidar uma educação científica significativa, em que o uso das tecnologias esteja verdadeiramente a serviço da aprendizagem e da formação integral dos estudantes.

A pesquisa realizada foi essencial tanto para termos uma visão geral de como estão as pesquisas atuais a respeito dessa temática, quanto para compreender quais abordagens são assumidas por estas. A análise dos trabalhos selecionados nos ajudou a compreender que a abordagem crítica dos saberes a serem desenvolvidos e mobilizados ainda aparece de maneira tímida, o que sugere um ponto importante de reflexão, sobretudo em torno de como o uso de tecnologias é assumido por quem decide utilizá-las em contextos de sala de aula. Sem posicionamento crítico, estamos sujeitos ao uso meramente técnico e destituídos de significados, desconsiderando os impactos, desdobramentos e interesses dessas ferramentas na sociedade atual, podendo inclusive colaborar para reforçar interesses mercadológicos e ideológicos, capitalismo de vigilância, desvalorização da ciência, além de outros problemas graves. Desse modo, fortalecemos a ideia que discutimos desde o início dessa investigação, de que é preciso assumir uma abordagem crítica em torno da construção e ampliação dos saberes docentes essenciais à prática pedagógica.

Por fim, evidenciou-se que, embora haja um crescente interesse nos últimos anos em compreender a integração entre saberes pedagógicos, tecnológicos e de conteúdo, ainda são incipientes as investigações empíricas que explorem essa articulação no cotidiano escolar, especialmente na formação continuada de professores.

Os resultados apontam que o modelo TPACK contribui significativamente para o entendimento da complexidade de saberes que envolvem a prática docente, ao considerar a interdependência entre diferentes tipos de saberes necessários à docência. No entanto, também revelam a necessidade de contemplar a criticidade como fio condutor na mobilização dos saberes docentes, sobretudo no uso de tecnologias. Também se evidenciou a necessidade de superar abordagens fragmentadas e de ampliar as discussões que envolvam as especificidades do Ensino de Ciências, a partir de contextos reais de atuação.

Ao reunir e sistematizar essas contribuições, este estudo avança no conhecimento existente ao oferecer um panorama crítico do campo e ao sugerir caminhos para o fortalecimento da formação docente. Como implicação prática, reforça-se a importância de políticas e programas formativos que considerem a criticidade e a pluralidade dos saberes docentes, valorizem a experiência e incentivem a articulação entre teoria, prática e tecnologia, de modo a articular os conhecimentos científicos com as demandas educacionais contemporâneas.

Referências

- Abell, S. K., Rogers, M. A. P., Hanuscin, D. L., Lee, M. H. & Gagnon, M. J. (2009). Preparing the Next Generation of Science Teacher Educators: A Model for Developing PCK for Teaching Science Teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 20(1), 77–93. <https://doi.org/10.1007/s10972-008-9115-6>
- Augusto, A. (2019). Simuladores como elementos tecnológicos no ensino de Química. Dissertação. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná. <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/4631>
- Barbosa, P. P. (2019). *Licenciatura EAD em Ciências e Biodiversidade Vegetal: bases de conhecimento docente, crenças de formadores, percepções e produções de estudantes*. Tese. São Paulo: Universidade de São Paulo. <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41132/tde-25062019-085110/pt-br.php>
- Bardin, L. (1997). *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70.
- Bianchini, R. (2020). *Formação continuada para o uso de tecnologias digitais no ensino de ciências e matemática dos anos iniciais: possibilidade(s) de desenvolvimento profissional*. Dissertação. Lajeado/RS: Universidade do Vale do Taquari. <https://www.univates.br/bdu/items/f2139288-4c45-4foe-a75a-9fcc89c33176>
- Delizoicov, D., Angotti, J. A. e Pernambuco, M. M. (2018). *Ensino de ciências: fundamentos e métodos*. 5ª edição. São Paulo: Cortez.
- Freire, P. (1984). A máquina está a serviço de quem? *Revista BITS*. <https://acervo.paulofreire.org/items/56acdaof-3ad1-4bc4-84f7-090001dco7f7>
- Freire, P. (2001). *Política e educação*. 5. Ed. - São Paulo: Cortez.
- Freire, P. (2003). *Pedagogia da autonomia - saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra.
- Freitas, F. M. (2020). *Tecnologias de informação e comunicação na formação docente: uma abordagem pedagógica com ferramentas digitais*. 207f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação Profissional em Formação de Professores - PPGPPF) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande – PB. <http://tede.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/tede/3692>
- Galvão, C. T. L. (2021). *Laboratórios remotos no ensino de Física: compreensões de professores e licenciandos*. Dissertação. Itajubá: Universidade Federal de Itajubá. https://repositorio.unifei.edu.br/jspui/bitstream/123456789/2452/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o_2021126.pdf

- Gess-Newsome, J. (1999). *Pedagogical Content Knowledge: an introduction and orientation*. In: Gess-Newsome, J.; Lederman, N. G. *Examining Pedagogical Content Knowledge: the construct and its implications for Science Education*. Hingham, MA, USA: Kluwer Academic Publishers, p. 3-17.
- Gray, D. E. (2012). *Pesquisa no mundo real*. 2. Ed. Porto Alegre: Penso.
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: teacher knowledge and teacher education*. New York and London: Columbia University.
- Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress. *Studies in Science Education*, 45(2), 169–204.
<https://doi.org/10.1080/03057260903142285>
- Koerner, A. (2021). Capitalismo e vigilância digital na sociedade democrática. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, v. 36, n. 105.
<https://www.scielo.br/j/rbcsoc/a/3RSTj7mCYh6YcHRnM8QZcYD/?format=html&lang=pt>
- Leite, B. S. (2022). *Tecnologias na educação: da formação à aplicação*. São Paulo: Livraria da Física.
- Martins, N. H. S. P. (2016). *O potencial de fóruns de discussão em comunidades virtuais de aprendizagem como ferramenta de colaboração entre licenciandos e professores de Biologia*. Dissertação. Rio de Janeiro: Instituto Oswaldo Cruz. <https://arca.fiocruz.br/items/bb124535-a88b-49b3-87b4-od72dff97787>
- Mishra, P.; Koehler, M. J. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, v.9, n.1. <https://citejournal.org/volume-9/issue-1-09/general/what-is-technological-pedagogical-content-knowledge/>
- Moran, J. (2018). Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. In: BACICH, L.; MORAN, J. *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. Porto Alegre: Editora Penso.
- Padilha, A. S. C. (2014). *O uso das tecnologias de informação e comunicação (TIC) no contexto da aprendizagem significativa para o ensino de ciências*. Dissertação. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná. <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/948>
- Pimenta, S. G. (2012). *Formação de professores: identidade e saberes da docência*. In: Pimenta, Selma Garrido. (Org.). *Saberes pedagógicos e atividade docente*. 8. ed. São Paulo: Cortez.
- Prensky, M. (2012). *Aprendizagem Baseada em Jogos Digitais*. Tradução: Eric Y. São Paulo: Senac-SP.
- Santos, L, R. (2017). *O ensino de ciências e a formação de professores: uma investigação sobre o uso das TIC no contexto de duas escolas públicas da cidade de São Paulo*. Dissertação. Universidade Federal do ABC.
https://oasisbr.ibict.br/vufind/Record/UFBC_16e0736929d3e4847d60725cbc2d92e2
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, v. 15, n. 2, p. 4-14. <https://www.wcu.edu/webfiles/pdfs/shulman.pdf>
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the new reform. *Havard Educational Review*, v. 57, n. 01, fev, p.1-21. <https://people.ucsc.edu/~ktellez/shulman.pdf>
- Souza, A. H. S. (2018). *Integrando tecnologias no ensino de ciências: como formar licenciandos para o século 21?* Dissertação. Rio de Janeiro: Instituto Oswaldo Cruz.
https://btdt.ibict.br/vufind/Record/CRUZ_ed63d6ce3ac0f6e57459ae1cbcf0fa06
- Souza, R. V. (2019). *O programa institucional de bolsas de iniciação à docência enquanto locus de mobilização de saberes para utilização das tecnologias de informação e comunicação no ensino de ciências: um itinerário possível?* Tese. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/192973>
- Stake, R. E. (2011). *Pesquisa Qualitativa: estudando como as coisas funcionam*. Porto Alegre: Penso.
- Tardif, M. (2002). *Saberes docentes e formação profissional*. Petrópolis, RJ: Vozes.
- Xavier, A. C. (2011). Letramento digital: impactos das tecnologias na aprendizagem da geração Y. *Calidoscópio*. v.9, n. 1, p. 3-14, jan./abr. <http://doi.org/10.4013/cld.2011.91.01>