

Proposição e validação de um instrumento para analisar os movimentos e perfis das dimensões e componentes do modelo TPCK de professores de Ciências da Natureza e Matemática

Proposition and validation of an instrument to analyze the movements and levels of the dimensions and components of the TPCK model for Natural Science and Mathematics teachers

Proposición y validación de un instrumento para analizar los movimientos y niveles de las dimensiones y componentes del modelo TPCK para docentes de Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas

Andrei Barbosa da Cruz
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha
e Mucuri
ORCID: [0009-0004-6522-4221](https://orcid.org/0009-0004-6522-4221)
andreidiamantina@gmail.com

Geraldo Wellington Rocha Fernandes
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha
e Mucuri
ORCID: [0000-0002-1337-1236](https://orcid.org/0000-0002-1337-1236)
geraldo.fernandes@ufvjm.edu.br

Resumo

Este estudo teve o objetivo de compreender e verificar o perfil de conhecimento Tecnológico, Pedagógico e de Conteúdo (científico e/ou matemático) dos professores sobre o uso de TIC no ensino e aprendizagem de Ciências e Matemática. O delineamento metodológico do presente estudo foi pautado na abordagem qualitativa, de natureza exploratória e descritiva. Para tanto, participaram seis professores, três de Ciências da Natureza e três de Matemática das redes de ensino privada e pública das escolas da cidade de Diamantina-MG, que responderam a um questionário online. Para analisar os dados, foi proposto um instrumento, a partir do modelo TPCK, para avaliar o perfil de Conhecimento Pedagógico, Tecnológico e de Conteúdo que os participantes possuíam. Como resultados do estudo, constatou-se que a maioria dos professores fazem uso constante de TIC, como WhatsApp e YouTube, para propósitos educacionais. Todos os professores demonstraram ter acesso e habilidade no uso de ferramentas tecnológicas e pedagógicas, como redes sociais, videoaulas e softwares voltados para a educação. Dessa forma, foi possível classificar e analisar os “perfis” de TPCK dos professores e criar indicadores para a melhoria do Desenvolvimento Profissional Docente e dos cursos de formação de professores para o uso de tecnologias digitais no ensino de Ciências e Matemática.

Palavras-Chave: TPCK; Ensino de Ciências e Matemática; Desenvolvimento Profissional Docente.

Abstract

This study aimed to understand and verify teachers' profile of technological, pedagogical, and content (scientific and/or mathematical) knowledge regarding the use of ICT in teaching and learning science and mathematics. The methodological design of the present study was based on a qualitative approach, exploratory and descriptive in nature. To this end, six teachers participated, three from Natural Sciences and three from Mathematics from the Private and Public education networks of schools in the city of Diamantina-MG, by answering an online questionnaire. To analyze the data, an instrument was proposed, based on the TPCK model, to assess the level of Pedagogical, Technological, and Content Knowledge that the participants possessed. As a result of the study, it was found that most teachers constantly use ICT, such as WhatsApp and YouTube, for educational purposes. All teachers demonstrated access and skill in using technological and pedagogical tools such as social networks, video classes, and educational software. In this way, it was possible to classify and analyze teachers' TPCK “levels” and create

Cite as: Cruz, A. B., & Rocha Fernandes, G. W. (2025). Proposição e validação de um instrumento para analisar os movimentos e perfis das dimensões e componentes do modelo TPCK de professores de Ciências da Natureza e Matemática. Revista Brasileira de Informática na Educação - RBIE, Vol. 33, 152-175.
<https://doi.org/10.5753/rbie.2025.4610>

indicators for improving Teacher Professional Development and teacher training courses for using digital technologies in teaching Science and Mathematics.

Keywords: *TPCK; Teaching Science and Mathematics; Teacher Professional Development.*

Resumen

Este estudio tuvo como objetivo comprender y verificar el perfil de conocimientos Tecnológicos, Pedagógicos y de Contenidos (científicos y/o matemáticos) de los docentes sobre el uso de las TI en la enseñanza y el aprendizaje de Ciencias y Matemáticas. El diseño metodológico del presente estudio se basó en un enfoque cualitativo, de carácter exploratorio y descriptivo. Para ello, participaron seis docentes, tres de Ciencias Naturales y tres de Matemáticas de las redes de educación Pública y Privada de escuelas de la ciudad de Diamantina-MG, respondiendo un cuestionario en línea. Para analizar los datos se propuso un instrumento, basado en el modelo TPCK, para evaluar el nivel de Conocimiento Pedagógico, Tecnológico y de Contenidos que poseían los participantes. Como resultado del estudio se encontró que la mayoría de los docentes utilizan constantemente las TIC, como WhatsApp y YouTube, con fines educativos. Todos los docentes demostraron acceso y habilidad en el uso de herramientas tecnológicas y pedagógicas como redes sociales, video clases y softwares dirigidos a la educación. De esta manera, fue posible clasificar y analizar los “niveles” de TPCK de los docentes y crear indicadores para mejorar el Desarrollo Profesional Docente y los cursos de formación docente para el uso de tecnologías digitales en la enseñanza de Ciencias y Matemáticas.

Palabras clave: *TPCK; Enseñanza de Ciencias y Matemáticas; Desarrollo profesional docente.*

1 Introdução

A sociedade brasileira do século XXI possui, aproximadamente, 75% de sua população engajada com as novas tecnologias digitais/virtuais (IBGE, 2018). Praticamente, todas as cidades e municípios do Brasil já dispõem de internet e cada vez mais os dispositivos de conectividade como computadores, smartphones e tablets fazem parte do cotidiano das pessoas (IBGE, 2018).

Na última década, diversos aparelhos eletrônicos, como smartphones (celulares), *smart TVs* e *ultrabooks* foram introduzidos nas casas e no dia a dia das pessoas. Juntamente com essas tecnologias, novos aplicativos e recursos digitais avançaram no contexto escolar, por meio das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC). Um dos fatores que contribuíram para essa rápida disseminação de produtos, serviços e cultura digital foi o acesso e o aumento da velocidade da internet (IBGE, 2018).

Até o ano de 2010, a velocidade média de acesso à internet no Brasil ainda era muito baixa, por ser originária de conexões discadas ou via rádio. Hoje, a maioria das casas já conta com conexão em fibra ótica, banda larga, 3G ou 4G, no mínimo, o que representa mais de 75% dos domicílios do Brasil (IBGE, 2018). Assim, com o acesso à informação acelerado, o que permeia e compõe a internet também se intensificou. Até meados de 2010, havia apenas algumas redes sociais, como Orkut, LinkedIn e MSN, mas hoje elas passam das dezenas.

Outro setor impactado diretamente pelo avanço da internet foi a área de videogames e todo o ramo do entretenimento digital, antes visto como apenas ‘joguinhos’ e ‘diversão’, como apresentado por F. Araújo (2010). Hoje, os *games* são fonte de renda e trabalho para muitas pessoas (Deshbandhu, 2016). As palavras “divertir”, “violência”, “jogos” e “*games* lúdicos” dizem respeito à forma como a cultura digital era encarada pela sociedade e comunidade escolar, principalmente em relação aos *games* criados na década de 1990, como ferramentas de entretenimento (Feijó, 2014). Entretanto, essa realidade também se transformou. Ser *gamer*, hoje em dia, é profissão, e já existem empresas e grandes corporações que movimentam, anualmente, quantias financeiras consideráveis por meio de eventos e campeonatos de jogos virtuais.

Devido às transformações no campo da informática e da cultura digital no Brasil, apresentadas anteriormente, começaram a surgir, com mais ênfase nas últimas duas décadas e na literatura sobre informática no ensino de Ciências da Natureza e Matemática, alguns trabalhos na área de *games* e educação (U. Araújo, 2010; Boito, 2018; Rosa; Lambach; Lorenzetti, 2018; Victal et al., 2015). U. Araújo (2010), por exemplo, demonstra em seu trabalho mudanças nas relações entre professores e alunos no que diz respeito aos espaços e o uso de *games* e tecnologias digitais, sob uma perspectiva social. Boito (2018) propôs uma sequência de atividades de Matemática relacionadas à geometria espacial, utilizando o *game Minecraft*. Já Rosa, Lambach e Lorenzetti (2018) empregaram a plataforma *RPG Maker*, mostrando como um *game* pode ser desenvolvido para mediar conteúdos de Ciências e ser útil aos propósitos educacionais dos docentes. Por fim, Victal et al. (2015) também apresentam os *games* como potenciais objetos de aprendizagem e mediadores do ensino de Ciências e Matemática.

Os trabalhos de U. Araújo (2010), Boito (2018), Rosa, Lambach e Lorenzetti (2018) e Victal et al. (2015) são exemplos de estudos voltados para o contexto de sala que, a partir do desenvolvimento de determinados conteúdos de Ciências da Natureza e Matemática, utilizam recursos digitais, *games* e estratégias pedagógicas específicas. Nesse sentido, para compreender esse movimento de conhecimento do conteúdo específico e de práticas pedagógicas, busca-se apoio teórico no modelo *Technological Pedagogical Science Knowledge* (TPSK), proposto por Jimoyiannis (2010), o qual aborda o conhecimento pedagógico dos conteúdos científicos e das tecnologias digitais. Esse modelo é uma evolução do *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPCK), proposto por Mishra e Koehler (2006), e do *Pedagogical Content Knowledge* (PCK), de Shulman (1986), ou seja, do conhecimento pedagógico dos conteúdos específicos.

A partir dessa reflexão inicial, a questão principal que guiou nossos esforços durante esse estudo foi: Qual o perfil de conhecimento pedagógico, tecnológico e de conteúdo dos professores de Ciências e Matemática sobre o uso de TICs para serem utilizados em suas aulas? Para responder a essa questão de investigação, adotamos como pilares da análise os trabalhos de Mishra e Koehler (2006), Nakashima e Picorez (2016) e Fernandez (2015). Esses estudos fundamentam nossa pesquisa sobre o conhecimento dos professores de Ciências da Natureza e Matemática, com foco em seu desenvolvimento profissional para o uso das tecnologias digitais. Utilizando o modelo TPACK, analisamos o grau ou o perfil de familiaridade desses professores em relação às ferramentas empregadas como mediadoras do ensino em suas aulas. Além disso, consideramos seus outros conhecimentos: conteudista, tecnológico e pedagógico.

Portanto, para responder à questão de investigação, buscamos alcançar o seguinte objetivo geral: compreender e verificar o perfil de conhecimento tecnológico, pedagógico e de conteúdo (científico e/ou matemático) dos professores em relação ao uso de TIC no ensino e aprendizagem de Ciências e Matemática.

Para alcançar esse objetivo, foi necessário propor e validar um instrumento teórico-metodológico baseado no modelo TPACK e desenvolver os seguintes objetivos específicos:

1. Analisar e identificar os movimentos e perfis dos componentes e dimensões do modelo TPACK para a Educação em Ciências e Matemática.
2. Compreender os perfis, os movimentos e as dimensões do modelo TPSM¹ dos professores de Ciências e Matemática.

As pesquisas citadas anteriormente sobre as TIC e o ensino demonstram que o tema está em ascensão na literatura em Educação em Ciências e Matemática, o que justifica a necessidade de um estudo mais aprofundado, inicialmente voltado para os docentes de Ciências da Natureza e Matemática. Dessa forma, o modelo TPACK/TPSK, em nosso estudo, constitui um referencial teórico-metodológico que, para além dos objetivos deste trabalho, busca apresentar aos professores de Ciências e Matemática algumas reflexões sobre o uso de recursos digitais para aumentar o interesse e o engajamento dos estudantes nos conteúdos ministrados em sala de aula (Melo & Duso, 2022).

2 Avanços do Modelo PCK para o uso das Tecnologias Digitais e Desenvolvimento Profissional

Uma questão que orienta o nosso estudo e que vem sendo pesquisada desde Shulman (1986) até Mishra e Koehler (2006) é: como a tecnologia digital foi e tem sido incorporada e usada pelos professores? Além disso, questionamos quais ferramentas digitais podem ser utilizadas em sala de aula pelos professores e de que forma? Shulman (1986) foi o primeiro a propor a

¹ A sigla TPSMK faz referência aos dois tipos de conhecimentos estudados em nosso trabalho, sendo Ciências (*Science*) e Matemática (*Mathematics*). Assim, o C (*Content*) de TPACK foi substituído pelas duas áreas de conhecimento/conteúdo.

implementação de um modelo teórico focado nas áreas do Conhecimento Pedagógico (P) e Conhecimento de Conteúdo (C) (Figura 1) e suas interações.

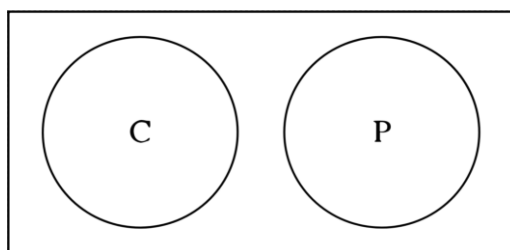


Figura 1: Áreas do Conteúdo e da Pedagogia.

Fonte: Mishra e Koehler (2006, p. 4).

De modo geral, o modelo teórico PCK, proposto por Shulman (1986), concentra-se na compreensão do conteúdo a ser ensinado e em como ensiná-lo. O modelo PCK é composto por três componentes do conhecimento (K): conhecimento do conteúdo (C), conhecimento pedagógico (P) e conhecimento pedagógico dos conteúdos específicos (PCK) (Figura 2).

O conhecimento do conteúdo refere-se ao domínio do assunto que está sendo ensinado, enquanto o conhecimento pedagógico diz respeito às estratégias e métodos de ensino. Já o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) diz respeito ao conhecimento sobre como ensinar o assunto de forma que seja compreensível para os estudantes. Shulman (1986) acredita que, caso o professor apresente deficiência em alguma dessas duas áreas (Figura 2), suas aulas e as informações nelas disponibilizadas podem ser construídas pelos estudantes de maneira deficiente, acarretando, assim, dificuldades de aprendizagem. A junção desses componentes, denominada Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK), é o que caracteriza o modelo proposto por Shulman (1986) (Figura 2).

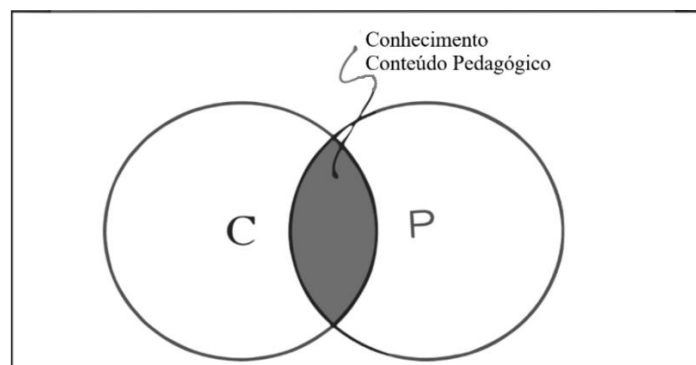


Figura 2: Intercessão das Áreas do Conteúdo e da Pedagogia.

Fonte: Mishra e Koehler (2006, p. 6).

O modelo PCK é importante porque ajuda os professores e pesquisadores sobre o uso das TICs no ensino de Ciências e Matemática a desenvolverem uma compreensão mais profunda sobre o conteúdo que ensinam, a qualidade do ensino desse conteúdo, a forma como os alunos aprendem e as estratégias metacognitivas para aprimorar esse aprendizado.

Vinte anos após os trabalhos de Shulman (1986), Mishra e Koehler (2006) trouxeram várias contribuições ao modelo PCK. Em 2006, a tecnologia digital já havia avançado significativamente em comparação à década de 1980, época em que Shulman desenvolveu seu trabalho. Esse avanço facilitou o uso e a disseminação de novas ferramentas, promovendo a evolução do modelo para atender a propósitos educacionais e de pesquisa. Por exemplo, a pesquisa de Fernandez (2015) apresenta diversas perspectivas do modelo PCK ao longo do tempo, com foco no desenvolvimento profissional dos professores. Já Mishra e Koehler (2006) propõem a

implementação de conteúdos baseados em tecnologias digitais em grupos de professores, integrando-os aos conhecimentos pedagógicos e de conteúdo, originalmente apresentados por Shulman (1986) por meio do modelo PCK. Esses mesmos pesquisadores foram responsáveis por expandir o modelo de Shulman (1986), evoluindo do PCK para o TPCK (*Technological Pedagogical Content Knowledge* – Conhecimento Tecnológico, Pedagógico e de Conteúdo).

Segundo Mishra e Koehler (2006), conforme representado na Figura 3, a ideia de que o conhecimento do conteúdo se sobressai e passa a mediar os outros dois está diretamente relacionada tanto à maneira de ensinar quanto ao que se pretende ensinar.

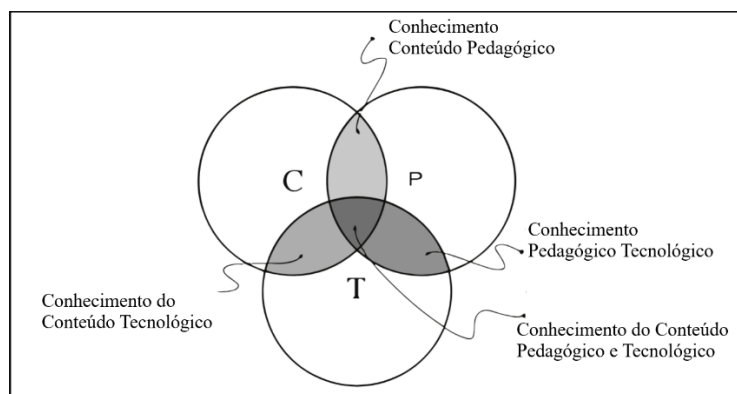


Figura 3: Intercessão dos domínios de Conteúdo, Tecnológico e Pedagógico.

Fonte: Mishra e Koehler (2006, p. 9).

A ideia de que o conhecimento do conteúdo, numa perspectiva conteudista, medeia as demais áreas do conhecimento, presentes no modelo teórico da Figura 3, deve-se ao fato de que o uso de um determinado software com o propósito específico de ensinar um conteúdo, torna-se ultrapassado ao longo do tempo, dada a velocidade com que a tecnologia evolui. Isso significa que, em pouco tempo, o conhecimento necessário para estudar e aprender sobre determinadas ferramentas tecnológicas pode se tornar desatualizado (Mishra & Koehler, 2006).

Uma das grandes questões levantadas por Mishra e Koehler (2006) em seus estudos foi que, em geral, as pesquisas nas áreas da educação concentram-se apenas no uso da tecnologia, e não em como a tecnologia é utilizada. Para esses autores, apenas introduzir recursos de tecnologias digitais como apoio às aulas dos professores não é suficiente; é preciso que haja uma mediação adequada durante esse processo (Mishra & Koehler, 2006).

O termo “tecnologia” utilizado na pesquisa de Mishra e Koehler (2006) está mais associado a equipamentos de informática, tecnologias de informação e objetos digitais como computadores, softwares e internet, distanciando-se dos conceitos e ferramentas tecnológicas da época de Shulman (1986), por exemplo: livros didáticos, retroprojetores, máquinas de escrever e tabelas periódicas presentes nas paredes dos laboratórios, onde, para Mishra e Koehler (2006), “essas ferramentas nem sequer eram referenciadas como tecnologias” (Mishra & Koehler, 2006, p. 7). Além disso, é importante destacar que a “tecnologia” utilizada na pesquisa de Mishra e Koehler (2006) não tem a preocupação de discutir a natureza da tecnologia (NdT), uma vez que já se caracteriza como uma concepção instrumental (Fernandes et al., 2021).

Existe na literatura uma complementação ao termo TPCK, de Mishra e Koehler (2006), para TPACK. A variação de TPCK para TPACK não é consenso para diferentes autores e pesquisas sobre a temática (Fernandez, 2015; Nakashima & Picorez, 2016). O TPCK é um modelo que enfatiza a interseção de três tipos de conhecimento: tecnológico, pedagógico e de conteúdo (Mishra & Koehler, 2006) e considera como a tecnologia pode ser usada para ensinar um determinado conteúdo a um grupo específico de alunos. Já o TPACK é uma ampliação do modelo TPCK, incluindo também o conhecimento contextual, que considera as diferentes condições em

que o ensino e a aprendizagem ocorrem. O modelo TPACK reconhece que o conhecimento de um professor não é uma simples combinação desses três tipos de conhecimento, mas sim uma interseção dinâmica e mutável em diferentes contextos, para que o ensino e aprendizagem possam ocorrer (Nakashima & Picorez, 2016; Niess et al., 2009; Niess, 2013; Terra et al., 2020; Wang, 2022).

Mesmo que o modelo TPACK já tenha quase vinte anos, suas contribuições ainda se mostram muito atuais. Um exemplo é o modelo *Learning Technology by Design* (LTD) (Aprendizagem de Tecnologia por Design), utilizado no desenvolvimento profissional docente para o uso das TIC, a partir do modelo TPACK, proposto por Mishra e Koehler (2006).

O modelo LTD é subdividido em três exemplos, ou casos de uso, que são: 1. Criação de hiperídia; 2. Redesenho de websites educacionais; 3. Desenvolvimento de cursos online mediados por design;

Esses três exemplos dialogam com os trabalhos e propostas apresentados por Fernandes et al. (2021, p. 26), que apresentam um modelo didático-pedagógico, denominado “Módulo Temático Digital”, o qual busca apresentar algumas tecnologias digitais, o processo de criação de sites, a escolha de softwares e plataformas educacionais para o desenvolvimento de atividades baseadas no Ensino de Ciências por Investigação (Fernandes et al., 2021).

Outro exemplo é o trabalho de Nakashima e Picorez (2016), que buscaram compreender as contribuições e desafios do modelo TPACK, como modelo explicativo da ação docente, nas decisões acerca da integração de tecnologias digitais em práticas pedagógicas. Dentre as contribuições caracterizadas pelas autoras, destacam-se: o TPACK como orientador da formação inicial e permanente de professores e sua relação com outros modelos teóricos, como o modelo de Jimoyiannis (2010).

Athanassios Jimoyiannis, em seu trabalho de 2010, intitulado *Designing and implementing an integrated technological pedagogical science knowledge framework for science teachers professional development* (Jimoyiannis, 2010), apresenta a evolução do modelo TPACK, propondo classificar o conhecimento dos professores em Conhecimento Científico, Conhecimento Tecnológico e Conhecimento Pedagógico, organizados através do modelo TPSK (Figura 4). O modelo desse autor se diferencia dos demais principalmente por propor uma complementação aos conteúdos disciplinares específicos (C, *Content*) com conteúdos científicos (S, *Science*). Mesmo com essa complementação, o propósito ainda é a busca pelo diálogo entre esses três componentes do conhecimento.

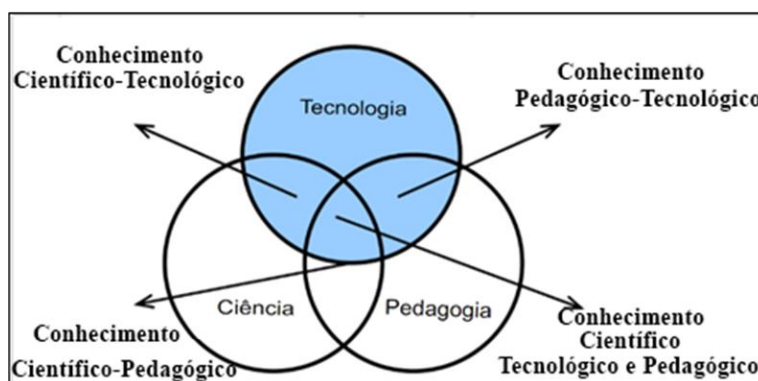


Figura 4: Modelo *Technological Pedagogical Science Knowledge* (TPSK) proposto por Jimoyiannis (2010).

Fonte: Jimoyiannis (2010, p.4, tradução nossa).

O modelo apresentado na Figura 4 consiste em agrupar em “dimensões do conhecimento” dos educadores com base nos três componentes do conhecimento do conteúdo: tecnológico,

pedagógico e científico. Esses componentes são representados pelas siglas T - Technology (Tecnologia), P - Pedagogy (Pedagogia) e S - Science (Ciências).

Os agrupamentos apresentados por Jimoyiannis (2010), na Figura 4, podem ser descritos da seguinte forma:

- 1) Dimensões dos componentes do conhecimento em separado = PK, SK, TK;
- 2) Dimensões dos componentes do conhecimento em dualidade = PSK, TSK, TPK;
- 3) Dimensões do conhecimento em conjunto com a interação dos três componentes = TPSK.

As interações entre os componentes de conhecimento em “dualidades” (dualidade de conhecimentos) podem ser resumidas da seguinte maneira:

1) *Pedagogical Science Knowledge (PSK)* - Conhecimento Pedagógico Científico ou do Conteúdo Científico: Para Jimoyiannis (2010), os cursos de formação de professores eram focados na apresentação do conhecimento do conteúdo em detrimento do conhecimento pedagógico, que era tratado como um curso em separado. Somente nos últimos anos essa estrutura foi modificada, reconhecendo-se a importância de analisar as contribuições do conhecimento pedagógico, graças à obra de Shulman (1986).

O argumento-chave é que o conhecimento do conteúdo científico e as estratégias pedagógicas gerais, embora necessários, não são suficientes para captar o conhecimento de bons professores. De acordo com Shulman (1986), a consideração conjunta da Pedagogia (P) e do Conteúdo (Ciências, S) gera o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo, que representa o conhecimento pedagógico aplicado ao ensino do conteúdo específico de Ciências (Jimoyiannis, 2010, p. 5, tradução nossa).

2) *Technological Science Knowledge (TSK)* - Conhecimento Tecnológico Científico: Nesta dualidade, o sujeito é capaz de utilizar a tecnologia digital para transformar e moldar a forma como os problemas da área das Ciências da Natureza são trabalhados e resolvidos no contexto escolar. Um exemplo dessa dualidade seria um professor de Ciências da Natureza propor soluções para as situações-problema, utilizando diferentes metodologias de ensino e ferramentas digitais capazes de proporcionar simulações ou virtualizações de elementos químicos, fauna, flora e até fenômenos físicos (Jimoyiannis, 2010).

3) *Technological Pedagogical Knowledge (TPK)* - Conhecimento Pedagógico Tecnológico: Nesse agrupamento, é possível que um professor tenha uma percepção geral sobre qual tecnologia digital pode ser mais útil e como utilizá-la em sala de aula, independentemente do conteúdo lecionado. Ou seja, ele está apto a decidir sobre quais TIC podem apoiar seu trabalho. Essa capacidade de identificar soluções com base nas tecnologias digitais para cada contexto pedagógico é o ponto central desse nível de conhecimento (Jimoyiannis, 2010).

A integração dos três componentes (TPCK) refere-se ao conhecimento sobre como coordenar o uso de atividades para disciplinas ou tópicos específicos, utilizando as TIC para facilitar a aprendizagem dos estudantes (Nakashima & Picorez, 2016). Segundo Nakashima e Picorez (2016), a comunidade científica adotou o TPCK rapidamente, o que pode ser observado no crescimento dos grupos de estudo e pesquisas publicadas sobre esse modelo. No entanto, essas pesquisadoras relatam que ainda há poucos estudos empíricos que avaliam os níveis de conhecimento sobre os agrupamentos T-P-C-K e os efeitos do conhecimento do professor nos resultados de aprendizagem dos estudantes. Dessa forma, reconhecemos a importância do trabalho da comunidade científica em esclarecer as definições e aplicações do modelo TPCK, além de aprimorar sua eficácia para fornecer um quadro teórico-analítico que permita analisar os níveis de conhecimento dos professores e sua evolução no uso das TIC no seu ensino de Ciências e Matemática (Jimoyiannis, 2010; Fernandez, 2015; Nakashima & Picorez, 2016).

3 Componentes do movimento do modelo TPSK e os seus níveis de classificação

Mesmo que Mishra e Khoeler (2006) e Jimoyiannis (2010) tenham detalhado algumas características que determinam o movimento em determinado nível de conhecimento de um professor, esses autores não indicam quantitativa nem qualitativamente o desempenho de seus participantes para uma melhor compreensão do grau de conhecimento ou do movimento desenvolvido dentro do TPCK (Mishra & Khoeler, 2006) ou TPSK (Jimoyiannis, 2010).

Apresentamos três trabalhos para compreender o nível ou o perfil de conhecimento de um professor dentro do TPCK. As pesquisas de Niess et al. (2009) e Niess (2013) apresentam o primeiro modelo de pensamento acerca dos estágios ou níveis de classificação de um professor, no qual o TPCK é utilizado como instrumento de referência para os conhecimentos interconectados que envolvem Tecnologia, Pedagogia e Conteúdo. Em seu modelo (Figura 5), a evolução dos “estágios” (níveis) ocorre por cinco etapas: 1) Reconhecer; 2) Aceitar; 3) Adaptar; 4) Explorar; 5) Avançar.

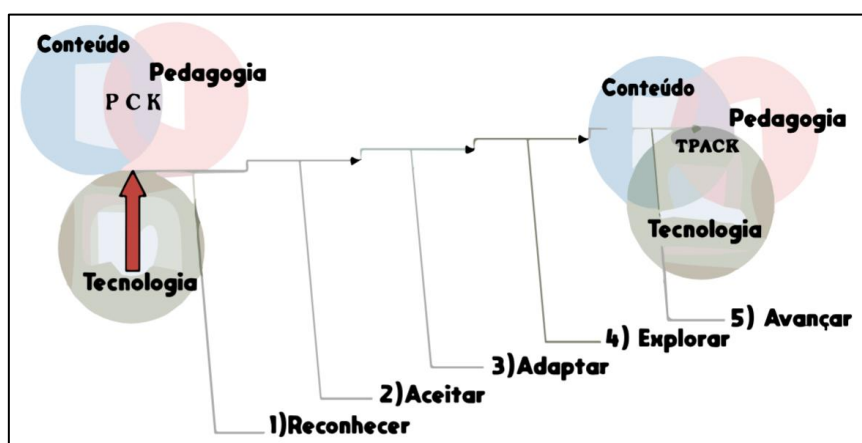


Figura 5: Estágios do professor em direção à forma interconectada e integrada proposta pelo TPACK.

Fonte: Adaptado de Niess et al. (2009, p. 10, tradução nossa).

O primeiro estágio do modelo de Niess et al. (2009), “Reconhecer”, indica que os professores têm conhecimento sobre tecnologias digitais e reconhecem como elas podem ser utilizadas em consonância com seu conhecimento pedagógico. Entretanto, nesse estágio, os professores ainda não são capazes de aplicar tais tecnologias na prática. O segundo estágio, “Aceitar”, apresenta uma situação em que os professores se posicionam favorável ou desfavoravelmente à utilização de uma ou várias tecnologias digitais como mediadores do ensino. No terceiro estágio, “Adaptar”, o professor já é capaz de escolher uma determinada tecnologia digital para ser utilizada no ensino e aprendizagem de seus alunos. O quarto estágio, “Explorar”, indica que os professores são capazes de integrar e utilizar uma ou várias tecnologias digitais de maneira apropriada em suas aulas. Por fim, no quinto e último estágio, “Avançar”, os professores são capazes de avaliar e criticar construtivamente a utilização que fizeram de determinada tecnologia digital, podendo, em um momento posterior, abandoná-la ou adaptá-la de outra forma dentro de sua disciplina.

O trabalho de Terra et al. (2020) utilizou um método misto (Figura 6), com o uso de um questionário e a elaboração de um plano de aula para verificar a classificação do TPACK entre estudantes de graduação/licenciatura da área de Ciências da Natureza, divididos em dois grupos. O primeiro, contava com 24 participantes, estudantes no início da graduação/licenciatura, enquanto o segundo grupo também tinha 24 participantes, mas compostos por estudantes do

programa de preparação para professores de Ciências, já no final da graduação/licenciatura, nas áreas de Química, Biologia e Física.

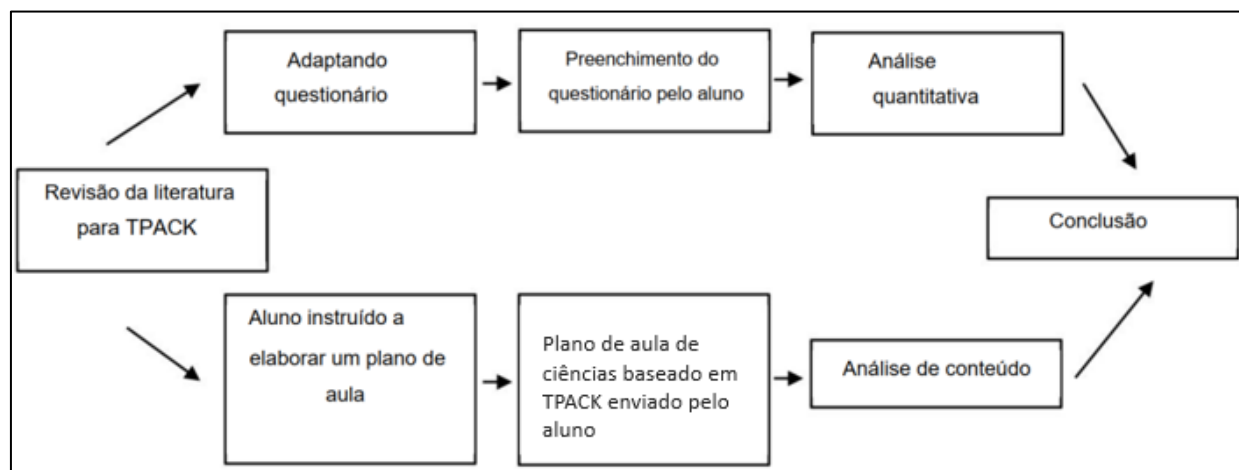


Figura 6: Método de pesquisa para examinar nível de TPACK dos professores.

Fonte: Adaptado de Terra et al. (2020, p. 4, tradução nossa).

Segundo Terra et al. (2020), os dados mostraram que o primeiro grupo, ou seja, os estudantes de licenciatura no início da graduação, apresentaram um nível de pontuação no TPACK mais alto do que os estudantes mais experientes. Para Terra et al. (2020), uma possível explicação está no plano de aula desenvolvido por cada professor. Segundo os autores, os professores recém-formados tendem a usar a tecnologia digital para aprender e utilizá-la como mediadora do ensino e aprendizagem de seus conteúdos em comparação com os mais experientes.

Por sua vez, a pesquisa de Wang (2022) utilizou o conceito/estrutura da Taxonomia de Bloom (Figura 7), ou seja, uma série de categorias organizadas de forma hierárquica, com objetivos educacionais bem definidos em cada etapa.



Figura 7: Taxonomia de Bloom.

Fonte: <https://institutointeger.com.br/2020/05/14/taxonomia-de-bloom-a-tecnica-do-conhecimento-da-compreensão-da-pratica-do-aprendizado-e-muito-mais/>.

Para Wang (2022), a validação dos professores, dentro do modelo do TPACK, é útil para a compreensão das necessidades de aprendizagem de cada um dos grupos de participantes, seja eles mais adeptos das tecnologias digitais ou não. Wang (2022), ao aproximar a Taxonomia de Bloom com o modelo TPACK, busca fornecer um referencial para definir objetivos de aprendizagem e escolher estratégias instrucionais que promovam o desenvolvimento cognitivo dos alunos.

Para isso, Wang (2022) se apoia no modelo da Taxonomia Revisada de Bloom (Figura 8) que pode ser usada como um guia para a implementação do TPACK, ajudando professores a

selecionar tecnologias adequadas para cada nível de complexidade cognitiva dos estudantes. O modelo da Figura 8² é apresentado em formato 2D, simulando uma pirâmide com os níveis do TPCK dos professores.

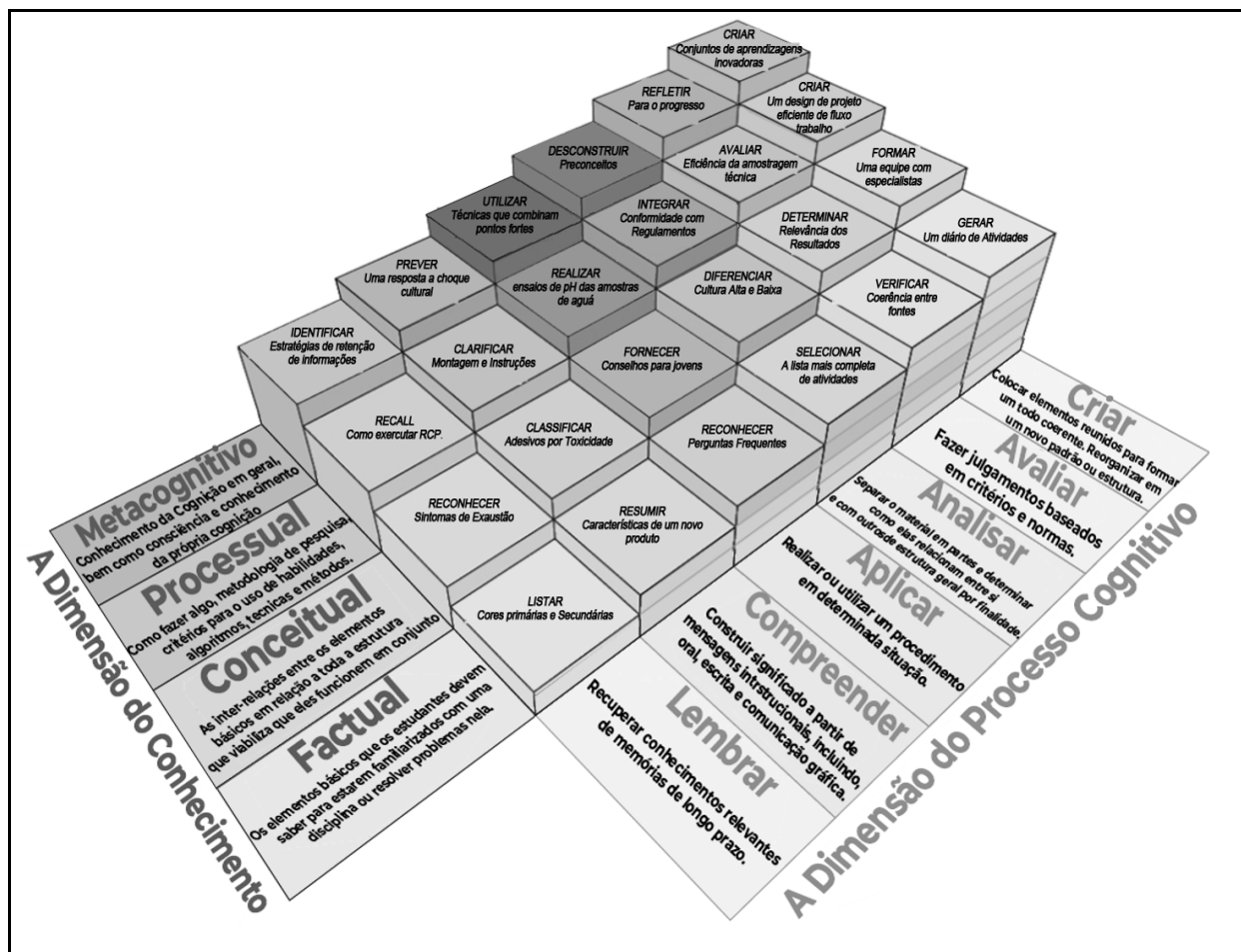


Figura 8: Dimensões dos níveis de classificação do TPCK.

Fonte: Adaptado de Wang (2022, p. 9939, tradução nossa).

A Figura 8 fornece um arcabouço para estruturar objetivos de aprendizagem e atividades didáticas, enquanto os modelos PCK e TPACK ajudam a integrar metodologias pedagógicas e tecnologias educacionais ao ensino. Por exemplo:

- Lembrar: Uso de *flashcards* digitais para revisar conceitos.
- Compreender: Vídeos interativos ou simulações.
- Aplicar: Softwares educacionais que permitem a resolução de problemas.
- Analisar: Ferramentas de organização de ideias, como mapas conceituais digitais.
- Avaliar: Discussões online ou plataformas de feedback.

² Cabe esclarecer que o modelo apresentado na Figura 8 foi adaptado no trabalho de Wang (2022). A figura original, segundo este autor, foi adaptada de “[Rex Heer, Center for Excellence in Learning and Teaching, Iowa State University](#)”

- Criar: Projetos colaborativos usando editores de vídeo ou design digital.

4 Proposição de um instrumento para analisar os movimentos e perfis dos domínios do TPCK dos professores de Ciências e Matemática

O modelo de Jimoyiannis (2010) reduziu o conhecimento geral de conteúdo das diferentes áreas de conhecimento para apenas a área das Ciências da Natureza devido à especificidade de sua pesquisa. Em nosso trabalho, propomos também uma ampliação do modelo TPCK, uma vez que os nossos objetivos buscam identificar o perfil de conhecimento dos três domínios pelos professores de Ciências e Matemática. Portanto, seria correto dizer que, nesta pesquisa, o modelo que estamos utilizando e propondo é o TPSMK, ou seja, uma adaptação do modelo TPCK, reduzindo o Conteúdo Geral (C) para os conteúdos específicos de Ciências da Natureza (*S - Science*) e Matemática (*M - Mathematics*), algo muito semelhante ao que Jimoyiannis (2010) propôs.

Cabe salientar que Jimoyiannis (2010) utiliza em seus trabalhos, em vários momentos, a sigla “TPASK”. Outros autores, como Terra *et al.* (2020), também o fazem quando explicitam que em seus modelos há um dinamismo entre as diversas áreas dos conteúdos, numa perspectiva inter ou pluridisciplinar. Wang (2022), por sua vez, utiliza apenas “TPCK” em seus trabalhos, pois não leva as considerações anteriores como pontos relevantes em seus trabalhos. “TPASK” e “TPCK” são modelos bastante semelhantes, mas com pequenas distinções nas interrelações entre os conteúdos.

4.1 Dimensões, componentes de conhecimento e estratégias de aprendizagem de um currículo TPSK para o Desenvolvimento Profissional Docente e o uso das TICs

O modelo TPSMK no Quadro 1, baseado no modelo TPSK, adaptado do trabalho de Jimmoianys (2010, p. 7), propõe os conhecimentos necessários para um currículo pensado para a formação de professores e o Desenvolvimento Profissional Docente no uso de tecnologias digitais em Ciências da Natureza e/ou Matemática. Os componentes do currículo de Jimoyiannis (2010) são como áreas do conhecimento desejáveis aos professores em relação a um determinado conhecimento: Conteudista (Ciências ou Matemática), Pedagógico ou Tecnológico. O Quadro 1 sugere que os conhecimentos mínimos necessários ao docente para o desenvolvimento do TPCK podem ser pensados em dimensões do conhecimento; ou seja, os conhecimentos T-P-C não são únicos nem pontuais, mas dinâmicos, dependendo da intenção do professor e dos objetivos de ensino a serem desenvolvidos em sala de aula. Nesse sentido, o Quadro 1 apresenta as seguintes informações (da esquerda para a direita): 1. Dimensões do TPSMK; 2. Proposição do currículo TPSMK; 3. O conhecimento mínimo necessário; 4. Estratégias de aprendizagem.

Quadro 1: Dimensões, proposições, conhecimento e estratégias de aprendizagem de um currículo TPSMK para o Desenvolvimento Profissional Docente com o uso das TIC.

Dimensões do TPSMK	Proposições do Currículo TPSMK	Conhecimento Mínimo Necessário	Estratégias de Aprendizagem
1. Dimensão de conhecimento individualizado	Introdução às habilidades técnicas básicas sobre o uso de ferramentas de TIC no ensino de ciências e matemática (por exemplo, simulações, modelagem, planilhas, apresentação de software, mapeamento conceitual, recursos da Web etc.)	TK	Treinamento prático, seja em cursos online ou com uso de apostilas. Aprender fazendo e/ou com colaboração de parceiros.
	Não implementado por Jimoyiannis (2010) para esta proposta.	PK	Cursos de formação de professores.

	Não implementado por Jimoyiannis (2010) para esta proposta.	SMK	Cursos de formação de professores de Ciências ou Matemática.
2. Dimensão de conhecimento em dualidade	Introdução às abordagens pedagógicas centradas no aluno.	PSMK	Apresentação em sala de aula, discussão.
	Introdução ao ensino de ciências e matemática, incluindo aos alunos questões de conhecimento, equívocos e barreiras de aprendizagem, exemplos de conflitos cognitivos etc.	PSMK	Apresentações em sala de aula com uso de discussões mediadas pelos conhecimentos práticos dos professores.
	Introdução às possibilidades de uso e ao valor agregado das TIC em ensino de ciências e matemática (por exemplo, simulações, mapeamento conceitual, recursos da Web etc.).	TSMK	Apresentação em sala de aula, treinamento prático.
	Desenvolvimento de simulações para conteúdos específicos por professores de ciências e matemática participantes.	TSMK	Aprendizagem por simulações de design (por exemplo, usando Física interativa para simular a trajetória movimento de um objeto no campo gravitacional da Terra).
	Estudo sobre como as TIC podem apoiar estratégias e objetivos pedagógicos específicos na sala de aula (por exemplo, uso de simulações para promover a aprendizagem por investigação).	TSMK	Apresentação em sala de aula, discussão, trabalhos selecionados da literatura.
	Discussão sobre softwares e ambientes específicos e seus usos como ferramentas cognitivas que melhoram o aprendizado dos alunos em ciências ou matemática.	TPK	Debates e atividades práticas com colaboradores e parceiros acerca das ferramentas digitais de apoio à docência além dos espaços adequados para tal.
3. Dimensão de conhecimento em conjunto	Uso de materiais curriculares educativos existentes baseados em TIC (por exemplo, para diferentes tópicos científicos e/ou matemáticos seriam usados diferentes ferramentas de TIC).	TPSMK	Materiais curriculares educativos com uso de debate e colaboração de parceiros.
	Discussão de materiais utilizados na prática escolar.	TPSMK	Debates com colaboradores e parceiros acerca das práticas e materiais utilizados como mediadores do ensino em sala de aula.
	Projeto e desenvolvimento de um sistema completo baseado em simulação cenário de aprendizagem por professores de ciências e/ou matemática.	TPSMK	Aprendizagem por design.
	Concepção e desenvolvimento de cenários de aprendizagem completos por professores de ciências e matemática participantes usando várias ferramentas de TIC (planilhas, mapeamento conceitual, MBL, Web Quest etc.)	TPSMK	Aprendizagem por design.
	Professores de ciências e matemática debatendo sobre seus próprios materiais educacionais com colegas e outros educadores.	TPSMK	Debates com colaboradores e parceiros acerca das práticas e materiais utilizados como mediadores do ensino em sala de aula.
	Revisão dos materiais de aula desenvolvidos com base no feedback.	TPSMK	Comentários; debater com os colegas, comentários dos coordenadores.

	Ensino experimental usando seus próprios materiais de aula para seus colegas e para os coordenadores (microensino).	TPSMK	Comentários; debater com os colegas, comentários dos coordenadores.
--	---	-------	---

Fonte: Adaptado de Jimoyiannis (2010, p. 7).

O Quadro 1 é uma proposição de que o conhecimento dos professores sobre o conteúdo científico e/ou matemático, tecnológico e pedagógico está organizado em dimensões do conhecimento (individualizado, dual e em conjunto). Por exemplo, para o conhecimento tecnológico (TK) da Dimensão 1 - conhecimento individualizado (introdução às habilidades básicas para o uso das TIC no ensino de Ciências e/ou Matemática), a estratégia indicada por Jimoyiannis (2010) para adquirir tal conhecimento é a prática em cursos e treinamentos, para que os professores possam fazer uso de ferramentas como sistemas operacionais (Windows e Linux), editores de texto e apresentação (Microsoft PowerPoint), ferramentas de videoaulas (*Google Meet*) entre outros. Ele sugere, portanto, o “aprendizado pela prática”, ou seja, aprender fazendo e com a colaboração de outros colegas de trabalho. Ao se adquirir tais conhecimentos, o professor irá alcançar o conhecimento tecnológico (TK).

4.2 Os perfis para analisar os movimentos das dimensões e dos componentes do TPCK

A partir do Quadro 1 e dos trabalhos de Niess et al. (2009), Terra et al. (2020) e Wang (2022), propomos sintetizar a compreensão dos componentes e dimensões do TPCK, TPACK e TPSMK em três movimentos que caracterizam o Desenvolvimento Profissional dos professores (Quadro 2). Dessa forma, as variáveis que propomos para compreender o uso de tecnologias digitais por professores de Ciências e Matemáticas são representadas por movimentos, que caracteriza um certo perfil sobre o conhecimento pedagógico, tecnológico e de conteúdo específico para os componentes disciplinares: Dificuldade, Suficiência ou Excelência, como apresentado no Quadro 2, e que serão classificados em três.

Quadro 2: Modelo de organização do TPSMK.

Caracterização do movimento do modelo TPSMK	Organização do movimento do modelo TPSMK de acordo com os sujeitos
Movimentos com dificuldade: o professor não demonstra possuir conhecimento sobre determinado componente (T-P-SM) e dimensão (individual, dual ou em conjunto).	Perfil 1
Movimentos suficientes: o professor apresenta informações suficientes para afirmar que possui conhecimento sobre determinado componente (T-P-SM) e dimensão (individual, dual ou em conjunto).	Perfil 2
Movimentos excelentes: o professor não apresenta dificuldade e consegue apresentar informações mais que eficientes, demonstrando que possui amplo conhecimento sobre os três componentes (T-P-SM) e dimensões (individual, dual ou em conjunto).	Perfil 3

Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

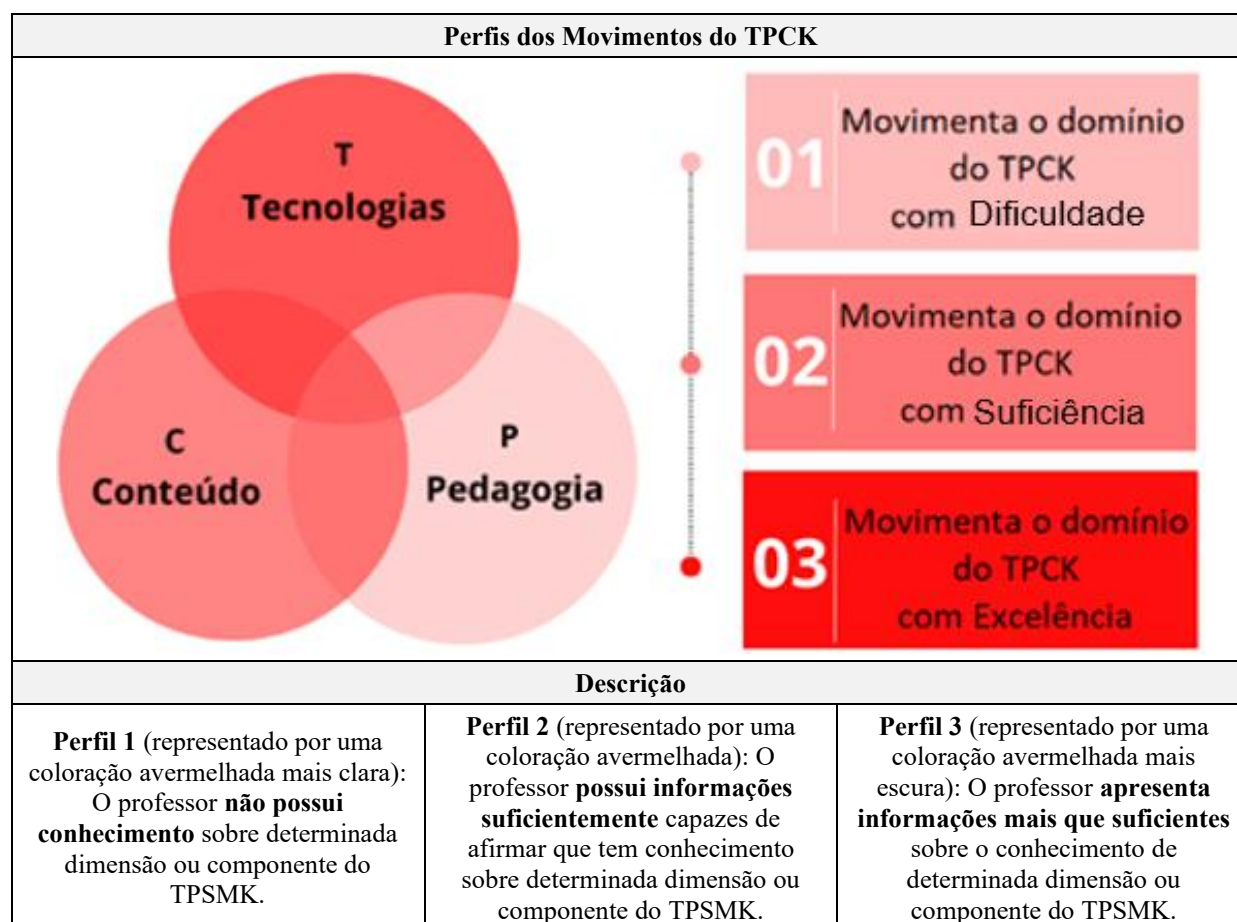
O Quadro 2 apresenta um modelo de organização dos três movimentos de conhecimento dentro do modelo TPCK, de acordo com os sujeitos, os quais são denominados “Perfil TPSMK”. Para nós, o perfil de classificação do movimento do modelo TPSMK pode ser definido como um conjunto estruturado de características, concepções ou tendências que expressam a forma como um indivíduo ou grupo organiza, mobiliza e transforma conhecimentos T-P-SM, a partir de diferentes contextos. A proposta dos três perfis no modelo TPSMK do Quadro 2 não tem o objetivo de ranquear ou categorizar professores como melhores ou piores, mas sim de compreender os diferentes movimentos na relação com os componentes e dimensões do modelo. Os perfis refletem como cada professor interage com a tecnologia, a pedagogia e o conteúdo (individualmente, em dualidade ou em conjunto), permitindo identificar caminhos para

aprimoramento e desenvolvimento profissional. Assim, o perfil de um movimento não é um julgamento de competência, mas uma forma de visualizar e interpretar as dinâmicas do conhecimento e da prática docente sobre os componentes T-P-SM. O perfil sobre o movimento T-P-SM de cada sujeito não é fixo, mas pode ser moldado por processos de ensino/formação, reflexão e interação com novas ideias. Nesse sentido, a organização em três perfis permite distinguir os professores que enfrentam dificuldades, aqueles que possuem um desempenho adequado e os que demonstram excelência no domínio dos componentes e dimensões do TPSMK. Perfis adicionais poderiam criar subdivisões pouco significativas, sem agregar valor à análise.

Portanto, caso o professor aponte para o conhecimento de algum dos itens do currículo proposto por Jimoyiannis (2010) ou das dimensões (Quadro 1), sugerimos inferir se tais informações são consideradas suficientes (Perfil 2) ou excelentes (Perfil 3).

O Quadro 2 apresenta indicadores que possibilitam compreender os perfis de conhecimento dos componentes do movimento do modelo TPSMK de um professor de Ciências da Natureza e/ou Matemática, a partir de alguns critérios estabelecidos por diferentes pesquisadores (Niess et al., 2009; Niess, 2013; Terra et al., 2020; Wang, 2022). Também permite analisar os movimentos das interações entre os componentes do TPSMK (Tecnologia, Pedagogia e Conteúdo de Ciências e/ou Matemática) e as suas dimensões (individualizada, dualidade e em conjunto) (Quadro 3).

Quadro 3: Proposição de um modelo para analisar os movimentos dos componentes e dimensões do TPCK.



Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

Em resumo, professores que não apresentam conhecimento ou possuem dificuldades em utilizar determinada dimensão do conhecimento T-P-SM em seus textos, a partir da proposição do currículo proposto de Jimoyiannis (2010, p. 7) (Quadro 1), serão caracterizados com

Dificuldade no domínio TPCK como Perfil 1. Informações textuais com mais clareza e detalhes sobre um dos componentes e dimensões serão apresentadas como **Suficientes** e serão caracterizadas como Perfil 2. Descrições detalhadas e minuciosas acerca dos componentes e dimensões do TPCK e das proposições do currículo de Jimoyiannis (2010, p. 7) (Quadro 1) estarão presentes no Perfil 3 e serão avaliadas como **Excelentes**.

5 Metodologia de Pesquisa

Para validar as proposições apresentadas e compreender os perfis e os movimentos dos domínios do TPSMK dos professores de Ciências e Matemática, foi realizada uma investigação com uma abordagem qualitativa, principalmente por ter um caráter de maior proximidade com os sujeitos (colaboradores) da pesquisa (Gil, 2002). Trata-se também de uma pesquisa exploratória e descritiva, por buscar descrever e compreender o fenômeno proposto no problema de investigação (Gil, 2002).

Quanto à caracterização do método utilizado, a pesquisa esteve focada na obtenção de dados da realidade de cada participante, sendo esses professores dos conteúdos de Ciências e Matemática. Por esse motivo, segundo Gil (2002), pela natureza das fontes do trabalho, pode-se caracterizar esta pesquisa como pesquisa de campo. Os participantes foram escolhidos de forma aleatória, por meio de um convite enviado para as escolas da cidade de Diamantina em Minas Gerais, após a anuência da Secretaria de Estado de Educação (SEE/MG) e da Superintendência Regional de Ensino de Diamantina (SER/Diamantina). Ao final do processo de convite, a amostra foi formada por seis professores de três escolas, sendo uma da rede privada de ensino, com participação de três professores, e duas da rede pública, com participação de outros três. Para preservar a identidade dos participantes, eles foram identificados como docentes (D): T, S, M, E, G e D.

A técnica e instrumento de coleta de dados consistiram na aplicação de um questionário online a cada professor. O questionário foi elaborado a partir do *Google Forms* e enviado aos participantes. Durante a aplicação do questionário, o pesquisador principal esteve disponível para tirar as dúvidas dos participantes. O questionário estava estruturado com perguntas divididas em blocos temáticos: 1. Perguntas relacionadas ao perfil dos professores; 2. Perguntas sobre formação e uso de tecnologia e de redes sociais; 3. Perguntas sobre o entendimento das TIC como possíveis mediadores do ensino e aprendizagem. Para esta pesquisa, vamos considerar somente as perguntas e respostas referentes ao segundo bloco temático, as quais estão caracterizadas no Quadro 4.

Quadro 4: Perguntas de nível tecnológico.

BLOCO 2. Perguntas sobre formação e uso de tecnologia e de redes sociais	
PERGUNTA 1	O quão relevantes são as tecnologias digitais e virtuais, como computadores, internet e smartphones no seu trabalho?
PERGUNTA 2	Você fez algum curso de capacitação em tecnologias digitais (softwares, sistemas online, ferramentas de ensino etc.) nos últimos cinco anos, custeado por você ou pela instituição em que trabalha?
PERGUNTA 3	Você considera que recebeu formação adequada para trabalhar no ambiente virtual com seus alunos durante a pandemia da Covid-19 (2020-2021)?
PERGUNTA 4	Você já utilizou algum recurso tecnológico digital, em sala de aula, com seus alunos? Justifique.
PERGUNTA 5	Você faz parte de alguma rede social?
PERGUNTA 6	Você se comunica com seus alunos por aplicativos de rede social? Se SIM, quais deles você utiliza e com que frequência?

Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

Após o envio das respostas, os dados obtidos foram organizados em uma planilha eletrônica e, posteriormente, transferidos para o software de análise³ e interpretação de dados qualitativos Atlas.ti©, versão 9.

A pesquisa obteve aprovação pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) com seres humanos e foi registrada na Plataforma Brasil sob o Nº CAAE: 52058021.6.0000.5108.

6 Resultados: A validação e análise dos movimentos e perfis das dimensões e componentes do TPSMK

Para compreendermos os perfis de conhecimento dos participantes sobre as dimensões e componentes do TPSMK, apresentaremos as respostas dos questionários, que foram organizadas a partir da relação de perguntas do roteiro, referentes à formação e ao uso de tecnologia e de redes sociais (Quadro 4), as quais estão caracterizadas e analisadas no Quadro 5.

Quadro 5: Respostas e classificação em perfis do modelo TPSMK⁴.

Professores	Respostas dos Participantes	Organização TPSMK
PROFESSOR DT:	RESPOSTA 1: “Muito relevantes, para estudar, preparar aulas e registrar aulas lecionadas.”	Perfil 3 [TPK]
	RESPOSTA 2: “Fiz o curso Google for education pela Secretaria de Estado da Educação, no ano de 2021, devido aos estudos online por causa da pandemia.”	Perfil 2 [PK]
	RESPOSTA 3: “Acredito que não. Precisei me virar para aprender muita coisa sozinha. Fiz vários tutoriais na internet para aprender utilizar ferramentas para o estudo online.”	Perfil 3 [PK]
	RESPOSTA 4: “Sim. Já usei alguns recursos, que inclusive hoje são considerados por muitos, ultrapassados, como o micro system para trabalhar com músicas. Hoje acredito que não consigo administrar aulas com o uso dele, devido mudanças no estilo de vida dos estudantes. Já usei muito os retroprojetores de luz, para trabalhar o uso de imagens como fotografias e desenhos produzidos pelos próprios alunos em sala de aula, relacionados à Biologia. Utilizei bastante a televisão, vídeo cassete, DVD. Quando tínhamos o laboratório de informática na escola, utilizava para fazer pesquisas junto com os estudantes. Apesar da internet fraca conseguíamos pesquisar. Atualmente os computadores estão sucateados, devido roubo de peças e assim impossibilita a utilização. Uso muito Videoaula, com o auxílio do meu notebook e Datashow da escola.”	Perfil 3 [TPSMK]
	RESPOSTA 5: “Sim: Facebook e Instagram (quase não uso), já o WhatsApp, uso mais. Utilizamos o YouTube para postagem de videoaulas durante a pandemia através do Programa Residência Pedagógica em Biologia da UFVJM.”	Perfil 3 [TPK]

⁴ As bases de dados em pesquisas qualitativas podem atingir quantidades expressivas de “metadados” e que seriam difíceis de serem analisados sem o auxílio de softwares ou ferramentas digitais. Por esse motivo, os autores decidiram fazer uso do software Atlas.ti© versão 9 para auxiliar na organização e processamentos dos dados, além deste conter uma versão de avaliação gratuita disponibilizado para a comunidade acadêmica.

	RESPOSTA 6: “O WhatsApp, eu tenho utilizado bastante, inclusive durante a pandemia, para comunicar com os responsáveis pelos estudantes e com eles também, quando solicitam informações e orientações.”	Perfil 2 [TPK]
PROFESSOR DS:	RESPOSTA 1: “Atualmente, mediano. Quando há o recurso é ótimo, mas na falta, não é tão relevante.”	Perfil 1 [TK]
	RESPOSTA 2: “Google Education pago pela Instituição SRE. Ferramentas do Google Meet, Videoaulas.”	Perfil 2 [PK]
	RESPOSTA 3: “Sim. Todas as ferramentas ministradas no curso Google Education.”	Perfil 2 [TPK]
	RESPOSTA 4: “Sim. Data Show, Celulares, Kahoot, apps em geral.”	Perfil 3 [TK]
	RESPOSTA 5: “Sim. Instagram, WhatsApp, Facebook.”	Perfil 3 [TK]
	RESPOSTA 6: “Sim. Somente WhatsApp.”	Perfil 2 [TK]
PROFESSOR DM:	RESPOSTA 1: “Sempre utilizei muito o computador para realizar minhas aulas, com a pandemia se tornou essencial.”	Perfil 2 [TPK]
	RESPOSTA 2: “Não.”	Perfil 1 [PK]
	RESPOSTA 3: “No Colégio tivemos muitas capacitações para dar conta do ensino remoto.”	Perfil 2 [PK]
	RESPOSTA 4: “Sim, plataformas de jogos e de animações.”	Perfil 3 [TK]
	RESPOSTA 5: “Facebook, Instagram, Youtube, TikTok, WhatsApp.”	Perfil 3 [TK]
	RESPOSTA 6: “Apenas pelo WhatsApp e entrega de trabalhos via YouTube. Eles são essenciais para a comunicação remota. Utilizamos WhatsApp, Zoom e o Teams.”	Perfil 3 [TPK]
PROFESSOR DE:	RESPOSTA 1: “Hoje são essenciais.”	Perfil 2 [PK]
	RESPOSTA 2: “Sim.”	Perfil 2 [PK]
	RESPOSTA 3⁵: “Sim, uso com frequência o Geogebra, o Lucidchart, o M3 (matemática multimídia) e as vezes o Seneca.”	Perfil 3 [TSMK]
	RESPOSTA 4: “Sim, uso com frequência o Geogebra, o Lucidchart, o M3 (matemática multimídia) e as vezes o Seneca.”	Perfil 3 [TSMK]
	RESPOSTA 5: “Youtube e WhatsApp.”	Perfil 2 [TK]
	RESPOSTA 6: “Pelo WhatsApp, mesmo após o retorno para o presencial, com muita frequência, quase todos os dias. São adequados e bem eficientes.”	Perfil 3 [TPK]
PROFESSOR DG:	RESPOSTA 1: “Muito Relevantes.”	Perfil 1 [TK]
	RESPOSTA 2: “Sim.”	Perfil 2 [PK]
	RESPOSTA 3: “Sim.”	Perfil 2 [PK]
	RESPOSTA 4: “Sim. Plataformas digitais de aula, APIs interativos pedagógicos.”	Perfil 3 [TPK]
	RESPOSTA 5: “Instagram, Youtube, Twitter, WhatsApp.”	Perfil 3 [TK]
	RESPOSTA 6: “Sim, Relativamente Frequente. WhatsApp. Faltam alguns recursos como por exemplo a chamada, a requisição de câmeras ligadas e coisas mais direcionadas a prática pedagógica”	Perfil 3 [TPK]
PROFESSOR DD:	RESPOSTA 1: “Extremamente relevante, faço uso das tecnologias como mediação no ensino e aprendizagem de conteúdos [de Matemática].”	Perfil 3 [TPSMK]
	RESPOSTA 2: “Sim, realizei capacitações oferecidas pela Secretaria de Estado de Educação (SEE) e cursos oferecidos pelo Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG), todos sem custeio próprio.”	Perfil 2 [PK]
	RESPOSTA 3: “Infelizmente não, o que garantiu sucesso ao utilizar o ambiente virtual foi a minha própria pesquisa de como se trabalhar Matemática on-line.”	Perfil 3 [TPSMK]
	RESPOSTA 4: “Sim, faço uso frequente de aplicativos de smartphones para o ensino de funções, gráficos e geometria.”	Perfil 3 [TSMK]

⁵ O professor DE repete as respostas para as perguntas 3 e 4.

	RESPOSTA 5: “Sim.”	Perfil 2 [TK]
	RESPOSTA 6: “Sim, faço uso apenas do WhatsApp. No período remoto, fazia uso diário dessa rede social (inclusive finais de semana e feriados) para comunicação com os alunos. Como retornamos presencialmente, essa comunicação reduziu e atualmente quase não há.”	Perfil 2 [TPK]

Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

Ao olharmos para o Quadro 5, percebemos que algumas respostas podem parecer mais extensas e complexas do que outras (exemplo: comparação entre os professores DG e DD com a resposta 2) e, mesmo assim, apresentarem o mesmo perfil. Consideramos, nesses casos, o interesse do colaborador em buscar conhecimento para além do disponibilizado pelas instituições de ensino em que trabalham, a diversidade de opiniões para além das básicas ou triviais que os demais professores apresentaram em suas respostas, entre outros fatores.

O Quadro 6, por sua vez, sintetiza o Quadro 5 e apresenta os perfis de classificação dos movimentos TPSMK dos professores da pesquisa, onde é possível verificar que todos os professores possuem, pelo menos, o perfil 2 e/ou 3, ou seja, são Suficientes ou Excelentes em relação aos componentes do currículo tecnológico de formação de professores, como proposto no Quadro 1 e por Jimoyiannis (2010, p. 7).



Quadro 6: Perfis de classificação TPSMK dos professores da pesquisa.

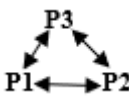
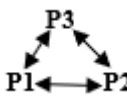
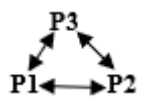
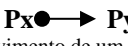
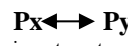

Temáticas das perguntas do questionário	Caracterização dos perfis TPSMK dos professores da pesquisa		
	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3
1. Relevância das TICs no trabalho	DS; DG	DM; DE	DT; DD
2. Curso de capacitação	DM	DT; DS; DE; DG; DD	
3. Formação para trabalhar durante a pandemia de Covid-19		DS; DM; DG	DT; DE; DD
4. Uso de TICs na sala de aula		DT	DS; DM; DE; DG; DD
5. Uso de rede social		DE; DD	DT; DS; DM; DG
6. Comunicação por rede social com estudantes		DT; DS; DD	DM; DE; DG

Fonte: elaborado pelos autores (2025).

A partir da classificação do TPCK, em perfis e dimensões, conforme apresentado nos Quadros 5 e 6, também podemos verificar, no Quadro 7, os movimentos dos perfis e dos três tipos de dimensões do conhecimento TPSMK (individualizado, em dualidade e em conjunto) que foram evidenciados nas respostas dos participantes e os perfis predominantes por questões.

Quadro 7. Movimentos dos perfis e das dimensões TPSMK a partir das respostas dos professores

Professor	Perguntas do Questionário/ Perfil identificado para cada questão						Movimentos dos perfis dos professores
	1	2	3	4	5	6	
DT	P3 [TPK]	P2 [PK]	P3 [PK]	P3 [TPSMK]	P3 [TPK]	P2 [TPK]	P2 ↔ P3
DS	P1 [TK]	P2 [PK]	P2 [TPK]	P3 [TK]	P3 [TK]	P2 [TK]	
DM	P2 [TPK]	P1 [PK]	P2 [PK]	P3 [TK]	P3 [TK]	P3 [TPK]	
DE	P2 [PK]	P2 [PK]	P3 [TPSMK]	P3 [TPSMK]	P2 [TK]	P2 [TPK]	P2 ← P3

DG	P1 [TK]	P2 [PK]	P2 [PK]	P3 [TPK]	P3 [TK]	P3 [TPK]	
DD	P3 [TSMK]	P2 [PK]	P3 [TPSMK]	P3 [TSMK]	P2 [TK]	P2 [TPK]	$P2 \leftrightarrow P3$
Movimento dos perfis em relação às questões		$P1 \bullet \rightarrow P2$	$P2 \leftrightarrow P3$	{P3}	$P2 \bullet \rightarrow P3$	$P2 \leftrightarrow P3$	
Legenda:  Movimento em todos os três perfis  Movimento de um perfil menos presente para um mais presente  Movimento entre perfis  Perfil predominante							

Fonte: Elaborado pelos Autores (2025).

O Quadro 7 apresenta uma síntese do movimento dos perfis dos professores e do movimento dos perfis em relação às respostas das questões dos questionários. Em relação à coluna referente aos **movimentos dos perfis dos professores**, observa-se que eles apresentam diferentes evoluções ao longo das questões. Alguns avançam do P1 para P2 e depois para P3 (DS, DM e DG), demonstrando progressão no conhecimento T-P-SM. Os professores DT e DD apresentam movimentos entre perfis, como $P2 \leftrightarrow P3$, o que sugere uma alternância no domínio dos conhecimentos dependendo da questão analisada.

Os professores DT, DE e DD se destacam por demonstrar maior presença do P2 e P3, sugerindo um conhecimento suficiente ou avançado. Observamos que DG movimenta o P1 (TK) e avança para P2 (PK) e P3 (TPK), demonstrando progressão do domínio do conhecimento da dimensão individual (TK e PK) para a dual (TPK). Quando olhamos para o professor DD no Quadro 7, verificamos que ele apresenta o maior nível de conhecimento inicial (P3 [TPSMK]), indicando um domínio mais amplo da dimensão em conjunto. Os professores que manifestaram o perfil P1 demonstram dificuldades iniciais, mas conseguem avançar, mantendo relação com os perfis P2 e P3 (DS, DM e DG).

Podemos interpretar os perfis de conhecimento TPSMK do Quadro 7 da seguinte maneira: os *movimentos com dificuldade* são mais evidentes entre aqueles que apresentam o perfil P1; os *movimentos suficientes* (P2) são predominantes, indicando que os professores têm um perfil adequado de conhecimento; já os *movimentos excelentes* são observados em menor quantidade, estando mais ligados ao perfil P3 e ao conhecimento da dimensão em conjunto (TPSMK).

Ao analisarmos a linha "**movimento dos perfis em relação às questões**", observamos as transições dos perfis ao longo das perguntas do questionário, indicando a evolução ou estabilidade do conhecimento dos professores em cada questão. Observa-se que há diferentes padrões de movimentação entre os perfis nas respostas dos professores para uma mesma questão. Em alguns casos, há uma progressão linear, como $P1 \rightarrow P2$ (respostas para a questão 2) e $P2 \rightarrow P3$ (respostas para a questão 5), sugerindo um avanço gradual no conhecimento pedagógico (questão 2) e tecnológico (questão 5). Em outros, há movimentos bidirecionais, como $P2 \leftrightarrow P3$ (respostas para as questões 3 e 6), o que indica alternância entre esses perfis, possivelmente devido a variações no domínio dos diferentes componentes e dimensões do modelo TPSMK. Além disso, há um caso isolado em que a notação "{P3}" (contém somente o perfil 3) aparece, indicando que a pergunta 3 tende a mobilizar o perfil 3 para todos os participantes, sem variação entre as respostas. De modo geral, essa linha do Quadro 7 mostra que a evidência de um perfil depende da forma como ele é mobilizado no participante (texto, questões, grupo focal, entrevistas etc.). Isso reforça a ideia

de que a compreensão sobre TICs no ensino de Ciências e Matemática pode variar dependendo da questão abordada e do componente do TPSMK avaliado.

Em relação à **dimensão SMK (conhecimento do conteúdo de Ciências e/ou Matemática)**, o Quadro 7 revela a forma como os professores demonstram seu domínio sobre o conteúdo específico de Ciências e Matemática e sua relação com os outros domínios (TK e PK) no contexto do modelo TPSMK. Observando os perfis identificados nas respostas às questões, nota-se que o SMK aparece de forma limitada nelas. Isso indica que, embora os professores demonstrem conhecimento pedagógico (PK) e tecnológico (TK), a articulação desses elementos com o domínio do conteúdo específico nem sempre se evidencia. A presença da dimensão TSMK em algumas respostas, como nas das questões 3 e 4 por parte de alguns professores, sugere que há docentes que conseguem integrar tecnologia ao conhecimento do conteúdo, mas essa habilidade não é generalizada entre todos.

Além disso, os movimentos dos perfis mostram que a evolução ocorre, em grande parte, na dimensão TPK, enquanto o avanço na dimensão TSMK é menos frequente. Isso pode indicar que os professores têm mais facilidade para compreender a interação entre pedagogia e tecnologia do que para integrar a tecnologia ao conhecimento do conteúdo disciplinar de Ciências da Natureza e/ou Matemática.

Essa análise sugere que, apesar de uma progressão geral no conhecimento tecnológico e pedagógico, o domínio do conteúdo (SMK) e sua integração com a tecnologia (TSMK) ainda podem ser aprimorados. Isso reforça a importância de formações iniciais e continuadas que auxiliem os professores no fortalecimento da articulação entre o conhecimento do conteúdo e o uso das TICs, garantindo que sua aplicação no ensino seja efetiva e alinhada com os conceitos disciplinares.

À guisa de conclusão, o Quadro 7 sugere que a maioria dos professores possui um perfil de conhecimento suficiente sobre o uso das TICs, com alguns apresentando um domínio mais avançado (P3). No entanto, ainda há casos de professores com dificuldades iniciais (P1), especialmente na dimensão de conhecimento individualizado (TK, PK, SMK). A evolução para os perfis P2 e P3 sugere que há um crescimento no conhecimento à medida que os professores refletem sobre suas práticas ao responderem às questões do questionário.

7 Considerações Finais

O texto apresentado teve o objetivo norteador de “compreender e verificar o perfil de conhecimento dos professores de Ciências e Matemática sobre o uso de TICs no ensino e aprendizagem de Ciências e Matemática”. Um argumento possível para o não uso de TICs no ensino de Ciências e Matemática poderia ser que os participantes não entendem ou não têm acesso a essas tecnologias ou recursos tecnológicos, como propõe o trabalho de Fernandes et al. (2021, p. 58). Entretanto, os resultados de nossa pesquisa, utilizando os modelos TPCK/TPACK, como metodologia e ferramenta de análise de dados, nos mostraram o contrário.

A partir do modelo TPCK (Mishra & Koehler, 2006) e TPASK (Jimoyiannis, 2010), propomos o modelo TPSMK para averiguar os perfis das relações pedagógicas, conteudistas e tecnológicas dos professores de Ciências e Matemática participantes da pesquisa. Tal modelo poderá servir como ponto de partida para futuros trabalhos, principalmente se fizermos um paralelo com as pesquisas de Fernandez (2015) e Nakashima e Picorez (2016), que trouxeram reflexões sobre os modelos e perspectivas a partir do PCK de Shulman (1986).

Resgatando o problema fenomenológico dessa pesquisa: “Qual o perfil de conhecimento pedagógico, tecnológico e de conteúdo dos professores de Ciências e Matemática sobre o uso de TIC para serem utilizados em suas aulas?”, foi possível compreender que o fator “Aprendizado

pela Prática” emergiu dos textos dos participantes e estava fortemente relacionado a Jimoyiannis (2010) e a Mishra e Koehler (2006) pelo conceito de *Learning Technology by Design*, como uma das principais condições para que um professor alcance o parâmetro de Excelência, dentro da nossa proposta de perfis, presente nos Quadros 2 e 3.

A análise dos perfis de conhecimento pedagógico, tecnológico e de conteúdo dos professores de Ciências e Matemática evidencia diferentes movimentos de apropriação das TICs em suas práticas docentes. O movimento dos perfis indica que, embora alguns professores enfrentem dificuldades iniciais no domínio do conhecimento tecnológico (TK) e de conteúdo (SMK), há uma tendência de avanço para perfis mais altos de compreensão, especialmente na dimensão dual (TPK, TSMK, PSMK). Os movimentos observados sugerem que a maioria dos docentes alcança um conhecimento suficiente para integrar tecnologia e pedagogia ao ensino, mas a incorporação do conhecimento de conteúdo com a tecnologia (TSMK) ainda apresenta desafios para alguns. Além disso, o movimento entre os perfis demonstra que a consolidação do conhecimento não ocorre de forma linear, reforçando a necessidade de formação continuada e suporte institucional para o aprimoramento da prática docente com TICs. Dessa forma, os resultados indicam a importância de estratégias que fortaleçam não apenas o conhecimento pedagógico e tecnológico, mas também sua interseção com os conteúdos específicos das disciplinas de Ciências e Matemática.

Como limitação deste estudo, apontamos, primeiramente, que ele foi desenvolvido durante o período de pandemia. A coleta de dados foi prejudicada devido ao número limitado de participantes, mesmo que tenhamos tido o retorno de professores de diferentes escolas e da área de Ciências e Matemática. Outra limitação está na forma de avaliação e de teste do modelo proposto TPSMK em “perfis” e “movimentos” dos diferentes conhecimentos a partir de questionários. Como se trata de um novo modelo que propõe compreender ou identificar os conhecimentos necessários para um currículo pensado para a formação de professores e o desenvolvimento profissional docente no uso de tecnologias digitais em Ciências da Natureza e/ou Matemática, ele merece ser testado a partir de outras formas de coleta de dados, como entrevistas, grupos focais e interações discursivas em cursos de formação. Essa limitação também aparece no trabalho de Nakashima e Picorez (2016), principalmente na dificuldade de consenso ao definir cada constructo do modelo, na necessidade de definição dos tipos de tecnologias abarcadas pelo TPACK e na fragilidade no processo de avaliação do modelo.

Por fim, os resultados desta pesquisa possibilitaram a criação de um Produto Educacional, denominado Caderno Gamer (Cruz; Fernandes, 2023), que propõe contribuir para o uso das TICs e *games* digitais como ferramentas pedagógicas para o ensino de conteúdos de Ciências e Matemática pelos professores. O canal do YouTube: <https://www.youtube.com/@EstudosNerd>, assim como o site www.estudosnerd.com.br e as redes sociais atreladas a ele, Instagram (@estudos_nerd) e Facebook (@EstudosNerdOficial), são as plataformas de divulgação do produto e de modelos de aulas mediadas por *games*, que poderão ser utilizadas em trabalhos futuros.

Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido dentro do Grupo de Estudos e Pesquisas em Abordagens e Metodologias de Ensino de Ciências (GEPAMEC) da UFVJM. Os autores expressam seu agradecimento à FAPEMIG e ao CNPq pelos financiamentos obtidos por meio dos Programas Universais, processos CNPq n.º 408143/2021-5 e FAPEMIG n.º APQ-00041-18, bem como da Bolsa de Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora, processo CNPq n.º 306179/2021-0.

Referências

- Araújo, F. F. N. D. (2010). *Os Games e as Funções Matemáticas: Uma aplicabilidade do Tribal Wars no cotidiano escolar do Ensino Médio*. [Dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática, Centro de Ciências e Tecnologias, Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)]. [[GS Search](#)]
- Araújo, U. (2010). A quarta revolução educacional: a mudança de tempos, espaços e relações na escola a partir do uso de tecnologias e da inclusão social. *ETD - Educação Temática Digital*, 12, 31-48. <https://doi.org/10.20396/etd.v12i0.1202>. [[GS Search](#)]
- Boito, P. (2018). *Sequência de atividades de matemática: Introdução à geometria espacial com o jogo Minecraft*. Universidade de Passo Fundo. [[GS Search](#)]
- Cruz, A. B. & Fernandes, G. W. R. (2023). Caderno Gamer: proposição de um módulo temático virtual para o ensino de Ciências e Matemática mediado por games. *Revista de Produtos Educacionais e Pesquisas em Ensino (REPPE)*, 7(2), 135-164. [[GS Search](#)]
- Deshbandhu, A. (2016). Player Perspectives: What It Means to Be a Gamer. *Press Start. Índia*, 3(2), 1-17. [[GS Search](#)]
- Feijó, R. O. (2014). *O uso de Role Playing Games como recurso pedagógico nas aulas de matemática* (Nº 1). Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). [[GS Search](#)]
- Fernandez, C. (2015). Revisitando a base de conhecimentos e o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) de Professores de Ciências. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 17(2), 500–528. [[GS Search](#)]
- Fernandes, G., Rodrigues, A. & Ferreira, C. (2015). Módulos temáticos virtuais: uma proposta pedagógica para o ensino de ciências e o uso das TICs. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 32 (3), 934-962. <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2015v32n3p934>. [[GS Search](#)]
- Fernandes, G., Rodrigues, A. & Ferreira, C. (2021). *Olhares para o ensino de Ciências: tecnologias digitais, atividades investigativas, concepções e argumentação*. São Paulo: Livraria da Física.
- Gil, A. C. (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa*. (4ª ed.). Atlas.
- IBGE. (2018). *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua*. [[GS Search](#)]
- Jimoyiannis, A. (2010). Designing and implementing an integrated technological pedagogical science knowledge framework for science teachers professional development. *Computers & Education*, 55(3), 1259-1269. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2010.05.022>. [[GS Search](#)]
- Melo, M. E. & Duso, L. (2022). Utilização de vídeos educativos de biologia no youtube por estudantes do ensino médio. *ETD - Educação Temática Digital*, 24(1), 71–90. <https://doi.org/10.20396/etd.v24i1.8665025>. [[GS Search](#)]
- Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054. [[GS Search](#)]
- Nakashima, R. H. R. & Piconez, S. C. B. (2016). Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK): Modelo explicativo da ação docente. *Revista Eletrônica de Educação*, 10(3), 231–250, 2016. <http://dx.doi.org/10.14244/198271991605>. [[GS Search](#)]
- Niess, M. et al. (2009). Mathematics teacher TPACK standards and development model. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 4–24. [[GS Search](#)]

- Niess, M. L. (2013). Central Component Descriptors for Levels of Technological Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Educational Computing Research*, 48(2), 173–198. <https://doi.org/10.2190/EC.48.2.d>. [GS Search]
- Rosa, T. F. Da; Lambach M.; Lorenzetti, L. (2018). *Jogo Digital: Um ensaio sobre química: tutorial*. Universidade Federal Tecnológica do Paraná. Biblioteca Central do Campus de Curitiba – UTFPR. [GS Search]
- Shulman, L. (1986). Knowledge and Teaching: Foundations of the new reform. *Havard Educacional Review*, 5(1), 1-21. <https://people.ucsc.edu/~ktellez/shulman.pdf>. [GS Search]
- Terra, I. W. A. et al. (2020). Differentiation between TPACK level in junior and senior pre-service teacher to design science lesson. *Journal of Physics: Conference Series*, 1563(1), 1-9. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1563/1/012061>. [GS Search]
- Victal, E. R. De N. et al. (2015). Aprendendo sobre o uso de Jogos Digitais na Educação. Anais do XXI Workshop de Informática na Escola (WIE 2015), Maceió/AL, outubro de 2015. <https://doi.org/10.5753/cbie.wie.2015.444>. [GS Search]
- Wang, A. Y. (2022). Understanding levels of technology integration: A TPACK scale for EFL teachers to promote 21st-century learning. *Education and Information Technologies*, 27, 9935-9952. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11033-4>. [GS Search]