

O TPACK NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE MATEMÁTICA: UM ESTADO DO CONHECIMENTO

The TPACK on Mathematics' Teacher Training: a state of knowledge

Rafael Winícius da Silva Bueno

Clarissa Coragem Ballejo

Thelma Duarte Brandolt Borges

Resumo

O presente estudo emergiu da constatação de uma demanda formativa docente: relacionar conhecimentos tecnológicos, pedagógicos e de conteúdo para a qualificação do ensino e da aprendizagem. Assim, focando a área da Matemática, esta pesquisa objetivou analisar a produção científica brasileira, em nível de pós-graduação *stricto sensu*, no que diz respeito à utilização do Conhecimento Tecnológico e Pedagógico do Conteúdo - TPACK em investigações sobre a formação de docentes de Matemática. Foram utilizadas bases de dados *online* na busca por produções convergentes com o delineamento proposto, desenvolvendo-se um estudo denominado estado do conhecimento. O *corpus* foi composto por 25 pesquisas. Emergiram da análise aspectos que demarcam temporal e geograficamente a temática e uma prevalência de investigações relacionadas à formação continuada e à utilização do *software* GeoGebra. São apontadas, então, potencialidades de estudos convergentes com os panoramas das pesquisas do *corpus* e é indicada a importância de explorar novas possibilidades tecnológicas inerentes aos desafios de ser professor de Matemática na atualidade.

Palavras-chave: TPACK. Formação de Professores. Educação Matemática.

Abstract

This paper is originated from a teacher training need: relate technological knowledge, pedagogical knowledge and content knowledge to improve teaching and learning contexts. Therefore, this study aimed to analyze Brazilian scientific production, on the *stricto sensu* post-graduate level, regarding the role of TPACK on the Mathematics' teacher training. The authors did the searches on data basis online, seeking for research related with the theme. The research done in this paper is named as a state of knowledge. The *corpus* had 25 researches. From the data analysis, the

authors of this paper found out specific geographic and temporal aspects and data that pointed out focus on in-service teacher training and on the GeoGebra software. Therefore, the researchers of this paper explain the potential of studies related whit those of the *corpus* but exploring new technological possibilities regarding the challenge of being Mathematics' teacher nowadays.

Keywords: TPACK. Teacher Training. Mathematics Education.

Introdução

Diante da cultura digital, a realidade dos estudantes atuais tem se caracterizado por uma magnitude considerável de conexões com pessoas e informações. Emerge desse contexto a necessidade de atuação docente para ajudar a colocar em perspectiva a quantidade massiva de dados acessados e recebidos por esses jovens, cotidianamente, por meio de seus dispositivos móveis conectados à *World Wide Web*.

Nesse sentido, o papel do professor ganha destaque, na medida em que esse profissional pode trabalhar junto aos seus alunos para que interpretem criticamente as informações acessadas. Assim, as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC), voltadas para a educação, têm se consolidado como importantes recursos nas práticas pedagógicas, auxiliando na busca dos docentes por contribuir com os seus estudantes para que, a partir das informações disponíveis, construam significado.

Por isso, conforme argumentam Oliveira *et al.* (2018), é fundamental que a formação de professores, inicial e continuada, assegure que os educadores tenham oportunidades de desenvolver conhecimentos e experiências necessários para incorporar as TDIC aos processos de ensino e de aprendizagem. Com o objetivo de aprofundar

as investigações nesse campo, Mishra e Koehler (2006) propuseram a criação conceitual do *conhecimento tecnológico e pedagógico do conteúdo* (TPACK¹). De acordo com esses autores, o TPACK configura-se a partir da construção de interconexões e intersecções entre conhecimentos docentes envolvendo tecnologia, pedagogia e conteúdo.

Considera-se que o acesso ao quadro teórico do TPACK permite uma aproximação com elementos capazes de auxiliar na formação dos professores de Matemática. Para analisar esse campo de pesquisa, envolvendo o TPACK e a formação de docentes de Matemática, realizou-se o presente estudo qualitativo, denominado de estado do conhecimento. De acordo com Morosini e Fernandes (2014), esse tipo de investigação envolve identificar, registrar, categorizar e analisar pesquisas ligadas a determinadas áreas do conhecimento.

Nesse contexto, busca-se responder à seguinte questão norteadora: como o TPACK vem sendo utilizado, em pesquisas brasileiras provenientes de programas de pós-graduação *stricto sensu*, para contribuir com a formação de professores de Matemática? O objetivo desta investigação é, portanto, sistematizar e analisar, por meio de um estado do conhecimento, a produção científica brasileira, em nível de pós-graduação *stricto sensu*, no que diz respeito à utilização do TPACK em pesquisas sobre a formação de docentes de Matemática. Desse modo, assim como já foi feito em trabalhos semelhantes envolvendo o TPACK (CHAI *et al.*, 2013; IRWANTO, 2021), acredita-se que podem ser vislumbrados os caminhos percorridos até o momento e, conforme destacam Borges *et al.* (2018), aqueles ainda não trilhados e que podem ser explorados em futuras investigações sobre o tema.

Para ilustrar o percurso percorrido nesta pesquisa, o presente artigo está dividido em cinco seções. Na introdução, o tema foi contextualizado e a questão norteadora e o objetivo da investigação foram estabelecidos. Na segunda seção, dedicada ao marco teórico, foram discutidas as ideias relativas ao TPACK. Na terceira, são discutidos os

caminhos metodológicos trilhados para construir o estado do conhecimento. A seção seguinte traz a apresentação e discussão dos resultados encontrados. Na derradeira seção, são feitas as considerações finais sobre o trabalho realizado.

Marco teórico

Nesta seção são apresentadas e discutidas algumas das ideias de Shulman (1986; 1987), principalmente sobre o *conhecimento pedagógico do conteúdo*, que pode ser considerado a gênese conceitual sobre qual pesquisadores se debruçaram para construir o TPACK. A seguir, adentra-se no estudo das ideias de autores como Mishra e Koehler (2006), Niess *et al.* (2009) e Mishra *et al.* (2011) que se envolveram na criação do TPACK e estão envolvidos, desde então, em pesquisas que colaboram com a evolução deste quadro teórico.

O Conhecimento Pedagógico do Conteúdo

Reflexões sobre os conhecimentos necessários para o exercício da docência são recorrentes em investigações relacionadas à educação. Uma importante contribuição nesse sentido foi dada por Shulman (1986; 1987), que construiu uma ressignificação do papel do conhecimento do professor. Suas teorias foram revolucionárias, uma vez que as pesquisas, até aquele momento, focavam quase que exclusivamente em aspectos mais gerais da profissão (MISHRA; KOEHLER, 2006; NIESS *et al.*, 2009).

Shulman (1986; 1987) propôs representar o conhecimento do conteúdo como um tipo especial de conhecimento técnico que é indispensável ao docente, para ensinar. Trouxe uma distinção entre três categorias de conhecimento do conteúdo: *conhecimento do conteúdo da disciplina*; *conhecimento curricular do conteúdo*; e *conhecimento pedagógico do conteúdo*.

O conceito que mais influenciou, anos depois, o desenvolvimento do TPACK foi o *conhecimento pedagógico do conteúdo* (PCK²), que se traduz, segundo o autor, na capacidade de utilizar diferentes e relevantes representações, exemplos, explicações,

¹ Sigla para a expressão em inglês: *Technological Pedagogical Content Knowledge*.

² Do inglês “*Pedagogical Content Knowledge*”.

relações e demonstrações, ou seja, as formas mais úteis de representar e formular conhecimentos para torná-los mais compreensíveis aos estudantes. O PCK inclui, ainda, a compreensão do que torna o aprendizado mais acessível ou difícil e a noção das concepções e preconcepções que os estudantes trazem ao trabalharem com determinadas ideias.

Mishra e Koehler (2006) destacam que o cerne do PCK se concentra na forma como um conteúdo é transformado, pelo docente, para ser ensinado em suas práticas pedagógicas. Essa ação ocorre quando o professor interpreta o conhecimento científico e constrói alternativas para discuti-lo com os estudantes para torná-lo, de alguma forma, mais acessível às diversas habilidades e aos diversos interesses de seus alunos.

Com essa teoria, Shulman (1986) argumentou que o conhecimento do conteúdo e o conhecimento pedagógico não devem ser entendidos como conjuntos desconexos e que a intersecção entre esses dois domínios deve nortear o trabalho docente. Sendo assim, considera-se pertinente evitar a percepção dicotômica, que acaba sendo transposta para a formação de professores, na qual, comumente, cada componente curricular foca ou em questões pedagógicas ou em questões específicas de conteúdo.

O Conhecimento Tecnológico e Pedagógico do Conteúdo

Buscando estender as ideias de Shulman (1986; 1987) para a era digital, Mishra e Koehler (2006) concentraram seu trabalho na compreensão do conhecimento docente necessário para a integração das TDIC ao ensino e à aprendizagem. Tais autores afirmam que é importante que o professor faça mais do que aprender sobre o uso técnico das ferramentas digitais disponíveis. Esse profissional precisa construir o hábito de adaptar-se continuamente, desenvolvendo novas habilidades para acompanhar as mudanças que se apresentam e, assim, ser capaz redimensionar suas concepções e práticas.

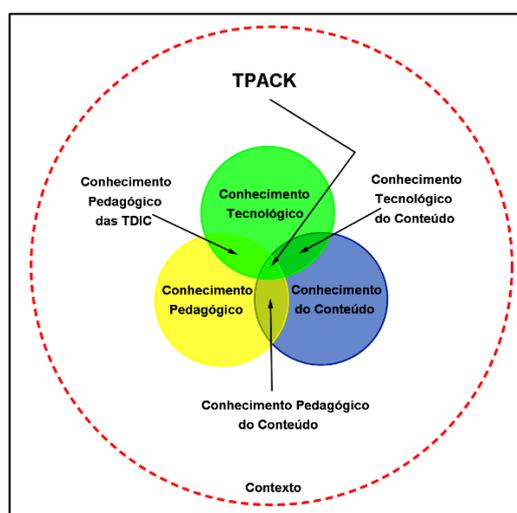
Esse contexto diferencia-se daqueles estudados nas conceptualizações anteriores sobre o conhecimento do professor e requer novas abordagens para a compreensão da

atividade docente. Da mesma forma que ocorria até a década de 1980, com o conhecimento pedagógico e o conhecimento do conteúdo (MISHRA; KOEHLER, 2006), atualmente “existe uma tendência de focar a atenção mais na tecnologia como ferramenta do que no modo como ela pode ser usada para ensinar importantes ideias” (OLIVEIRA *et al.*, 2018, p. 423).

As relações entre conteúdo, pedagogia e tecnologia são complexas e permeadas por diversas nuances. As TDIC podem restringir ações ou ampliar possibilidades de representações, por exemplo. Portanto, é importante que esses efeitos sejam considerados pelo docente. Nesse sentido, Mishra e Koehler (2006) propõem o conceito de *conhecimento tecnológico e pedagógico do conteúdo* (TPACK), que busca enfatizar as conexões, interações e limitações existentes entre conteúdo, pedagogia e tecnologia.

Isso significa que, além de estudar cada componente isoladamente, há necessidade de visualizar suas intersecções. Dessa forma, pode-se desenvolver a compreensão das complexas relações existentes entre essas três esferas para construir estratégias específicas para cada contexto de ensino, individual ou coletivo.

Figura 1 - Descrição visual do TPACK.



Fonte: Adaptado de Mishra *et al.* (2011).

Comparando o modelo TPACK com o trabalho de Shulman (1986; 1987), é possível observar que surgem novas intersecções entre tecnologia, pedagogia e conteúdo. Emergem duas novas duplas e uma tríade, denotadas

por: *conhecimento tecnológico do conteúdo*; *conhecimento pedagógico das TDIC*; e *conhecimento tecnológico e pedagógico do conteúdo*.

Com o conceito de *conhecimento tecnológico do conteúdo* (TCK³), de acordo com Mishra e Koehler (2006), almeja-se criar subsídios para compreender como tecnologia e conteúdo podem relacionar-se, como, por exemplo, a possibilidade que os dispositivos digitais trazem de navegar pelas diversas representações de um conceito. O *conhecimento pedagógico das TDIC* (TPK⁴) envolve, conforme afirmam os autores, a compreensão das múltiplas possibilidades pedagógicas proporcionadas pelas TDIC, quando incorporadas aos processos de ensino e de aprendizagem, e do modo como a postura docente deve ser transformada com o seu uso.

Já o TPACK caracteriza-se como uma forma de conhecimento que transcende os seus três componentes (conteúdo, tecnologia e pedagogia). O TPACK é, segundo argumentam Koehler *et al.* (2013), o cerne de boas práticas docentes permeadas pelas TDIC e requer compreensões de: formas de representação trazidas pelas TDIC; técnicas pedagógicas que utilizem as tecnologias digitais para contribuir para a aprendizagem; consciência do que torna um conceito fácil ou difícil de entender e de que forma as TDIC podem facilitar a transposição de possíveis problemas; consciência do conhecimento prévio dos alunos e de teorias epistemológicas; e conhecimento de como as TDIC podem ser utilizadas para criar novas epistemologias ou desenvolver ainda mais as já existentes.

Conforme argumentam Harris *et al.* (2009, p. 401), “não há uma solução tecnológica única, que funcionará igualmente bem para cada professor, cada curso, ou cada abordagem pedagógica”. A percepção do contexto no qual o ensino e a aprendizagem acontecem é, portanto, também parte integrante e fundamental do TPACK (CIBOTTO; OLIVEIRA, 2017).

Arnal-Bailera e Oller-Marcen (2017) defendem o TPACK como um modelo adequado ao trabalho com a formação de professores. De acordo com Oliveira *et al.*

(2018), o TPACK tem influenciado investigações sobre a integração da tecnologia à Educação Matemática, sendo usado com frequência como base teórica para estruturar a conceptualização e a prática da formação de professores desta disciplina.

Perspectivas metodológicas

Diante dos pressupostos teóricos trazidos por pesquisadores que estudam e/ou estudaram o TPACK, realizou-se a presente pesquisa qualitativa e interpretativa (BOGDAN; BINKLEN, 2006). De forma mais específica, caracteriza-se esta investigação como um estado do conhecimento, ou seja, um estudo focado em um setor de publicações e construído com a finalidade de sintetizar informações emergidas. Esse tipo de trabalho investigativo, conforme argumentam Morosini e Fernandes (2014), envolve identificação, registro e categorização, que oportunizam reflexões sobre pesquisas ligadas a determinadas áreas do conhecimento.

Inicia-se o estado do conhecimento pela constituição do *corpus* de análise, que ocorre por meio da busca por trabalhos científicos alinhados com o tema proposto. Com o intuito de sistematizar a procura por trabalhos envolvendo o TPACK e a formação de professores de Matemática, foi escolhido o Catálogo de Dissertações e Teses da Capes⁵ para realizar a busca. De acordo com o que sugere Morosini (2015), foram definidos os descritores que nortearam a busca: “TPACK” e “Matemática”. Não foram definidos limites temporais.

Na procura, feita em dezembro de 2020, encontraram-se 29 resultados. Entretanto, uma tese, apesar de ter as suas informações cadastradas, ainda não estava disponível para leitura. A partir de uma primeira aproximação com os achados, realizada mediante leitura dos resumos, atestou-se que quatro dissertações não convergiam com os objetivos da presente investigação por não abordarem a formação de professores.

Com a finalidade de complementar a busca, consultou-se também a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, em

³ Do inglês “Technological Content Knowledge”.

⁴ Do inglês “Technological Pedagogical Knowledge”.

⁵ <https://catalogodeteses.capes.gov.br>

janeiro de 2021. Utilizando-se os mesmos descritores, encontraram-se 25 resultados, sendo que apenas uma dissertação de mestrado acadêmico ainda não havia sido contemplada na busca anterior.

Após a constituição do *corpus* de análise, com 25 trabalhos, realizou-se a leitura flutuante dos textos. De acordo com Morosini e Nascimento (2017), essa ação tem por objetivo organizar os trabalhos estudados a partir de três etapas: bibliografia anotada, bibliografia sistematizada e bibliografia categorizada.

Inicialmente, foram lidas as páginas introdutórias de cada investigação. Essa leitura levou à construção da bibliografia anotada, que implica a tabulação das pesquisas estudadas.

Passou-se para a leitura mais detalhada das pesquisas, o que levou à bibliografia sistematizada. Uma ficha foi construída para cada investigação, contendo as seguintes informações: autor(a); título; data; objetivos; metodologia; tipo de formação (inicial ou continuada); e resultados.

A última fase de organização, denominada de bibliografia categorizada, foi realizada, como sugerem Borges *et al.* (2018), por meio de um reagrupamento dos trabalhos, de acordo com critérios estabelecidos pelos autores da presente pesquisa. Blocos temáticos foram criados a partir das preconcepções dos autores e das perspectivas teóricas desta investigação.

Vale ressaltar que, apesar de a consciência hermenêutica mostrar-se receptiva à alteridade dos textos analisados, as compreensões foram construídas por meio de uma visão singular, a partir dos estudos teóricos realizados e do ângulo de análise dos

Com relação à questão geográfica, 60% das pesquisas realizadas provêm de programas de pós-graduação localizados no estado de São Paulo. Além disso, apenas 12% dos trabalhos foram realizados em instituições que não se encontram nas regiões Sul ou

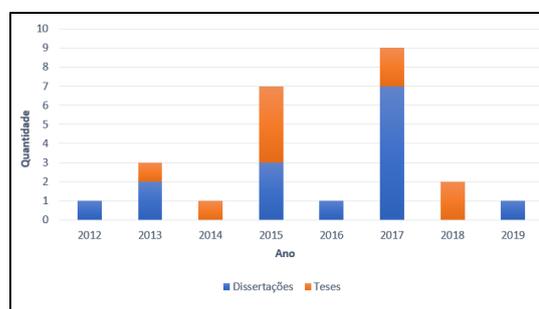
autores do presente texto. Essa forma específica de visualizar um fenômeno em estudo é sempre antecipada por concepções já estruturadas, das quais necessariamente parte o compreender (GADAMER, 1997).

As pesquisas constituintes do *corpus* de análise foram codificadas com a sigla MA para mestrado acadêmico, MP para mestrado profissionalizante e D para doutorado. A seguir, foram atribuídos números aos trabalhos, na ordem em que foram arquivados no banco de dados desta investigação. Esses códigos poderão identificar as produções (13 dissertações de mestrado acadêmico, 2 dissertações de mestrado profissionalizante e 10 teses de doutorado) deste estado do conhecimento ao longo do texto.

Resultados e discussões

No que se refere aos dados emergentes da investigação, atenta-se que, apesar de não ter sido incluído um limitador temporal nas buscas, as pesquisas encontradas se concentraram entre os anos de 2012 e 2019, como ilustra a Figura 2.

Figura 2 – Distribuição das pesquisas do *corpus* ao longo do tempo.



Fonte: Acervo dos autores (2022).

Sudeste. Abaixo, explicita-se o rol de trabalhos oriundos da busca, nos moldes detalhados na seção metodológica desta pesquisa, de acordo com a codificação previamente anunciada.

Quadro 1 – Codificação dos trabalhos analisados.

Código	Título do trabalho	Autor(a) do trabalho
MA1	Identificando Conhecimento Tecnológico, Pedagógico e de Conteúdo de Professores de Matemática em Formação ao Utilizar Recursos Multimídia	Carla de Araújo
MP1	Lousa Digital Interativa para o Ensino de Matemática nos Anos Iniciais: possibilidades na formação docente	Elaine Eskildssen
MA2	Formação Continuada do Professor de Matemática para o Uso do GeoGebra em Dispositivo Mobile	Fábio Rogério Porto
MA3	Perspectivas de Articulação de Conhecimentos Pedagógicos, Tecnológicos e de Conteúdo na Formação Inicial de Professores de Matemática	Juliane Colling
MA4	A Trajetória de Desenvolvimento do Professor na Utilização de Tecnologias nas Aulas de Matemática em um Contexto de Formação Continuada	Lucy Aparecida Gutiérrez de Alcântara
MA5	Tecnologias no Ensino de Matemática e na Formação de Professores do Município de Guarulhos	Marisa Aparecida de Sá Lima
MA6	TPACK (Conhecimento Pedagógico de Ensino Tecnológico): relação com as diferentes gerações de professores de Matemática	Michelle Juliana Savio Mazon
MA7	Funções Reais de Duas Variáveis e GeoGebra: um livro dinâmico para o ensino de Cálculo	Raiane Lemke
MA8	Construcionismo, Conhecimentos Docentes e GeoGebra: uma experiência envolvendo licenciandos em Matemática e professores	Rita de Cássia Idem
MA9	O uso das Tecnologias Digitais na Formação Continuada do Professor de Matemática	Rodrigo de Almeida Pupo
MA10	Formação de Professores de Matemática e Tecnologias Digitais: um estudo sobre o teorema de Tales	Rubervan da Silva Leite
MP2	Uma Discussão sobre Robótica Educacional no Contexto do Modelo TPACK para Professores que Ensinam Matemática	Thiago Melo Alexandrino
MA11	Apropriação das Tecnologias Digitais Móveis para Explorar Funções Polinomiais do 1º Grau	Willian Rocha Padilha
MA12	Tecnologias Digitais na Formação Continuada: situações de ensino articulando geometria e funções	Willians Adriano de Oliveira
MA13	A Colaboração entre Professores de Sala de Aula e de Laboratório de Informática para a Produção de Planos de Aulas com Integração de Tecnologias Digitais no Ensino de Matemática	Rodrigo Rodrigues Melo de Lima
D1	A Programação de Computadores como Meio para Integrar Diferentes Conhecimentos: uma experiência com professores de Matemática	Ana Karina de Oliveira Rocha
D2	Formação Continuada de Professores de Matemática em um Ambiente Virtual de Aprendizagem	Ana Lisa Nishio
D3	Formação de Professores de Matemática da Educação Superior e as Tecnologias Digitais: aspectos do conhecimento revelados no contexto de uma comunidade de prática <i>online</i>	Andriceli Richit
D4	Formação de Professores de Matemática e as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação no Contexto do PIBID	Douglas Silva Fonseca
D5	Grupo de Estudos de Professores e a Apropriação de Tecnologia Digital no Ensino de Geometria: caminhos para o conhecimento profissional	Edite Resende Vieira
D6	Elementos de uma Comunidade Prática que Permitem o Desenvolvimento Profissional de Professores e Futuros Professores de Matemática na Utilização do Software GeoGebra	Loreni Aparecida Ferreira Baldini
D7	Contribuições do Campo Conceitual Multiplicativo para a Formação Inicial de Professores de Matemática com Suporte das Tecnologias Digitais	Rodrigo Lacerda Carvalho
D8	O Uso Pedagógico das Tecnologias da Informação e Comunicação na Formação de Professores: uma experiência na licenciatura em Matemática	Rosefran Adriano Gonçalves Cibotto
D9	Formação Continuada: um estudo sobre integração de tecnologia digital para ensinar poliedros	Wendel de Oliveira Silva
D10	Conhecimentos Revelados por Tutores em um Curso de Formação Continuada para Professores de Matemática na Modalidade a Distância	Agnaldo da Conceição Esquinhalha

Fonte: Acervo dos autores (2022).

Pode-se dizer que todas as investigações inventariadas tratam da relevância do TPACK para a formação de professores de Matemática. Algumas, como MA1, MA3 e MA6, utilizam esse quadro teórico como fundamentação principal da pesquisa. Outras o combinam com outras perspectivas teóricas. Esse é o caso de MA8,

que trabalha o Construcionismo junto ao TPACK. É possível perceber, de acordo com o Quadro 2, duas características principais que distinguem as investigações: o tipo de formação e o recurso tecnológico.

Quadro 2 – Categorização das investigações analisadas.

Tipo de formação	Código	Ano	Recurso tecnológico
Inicial	MA1	2015	GeoGebra
	MA3	2017	GeoGebra
	MA7	2017	GeoGebra
	MA10	2017	GeoGebra
	D4	2018	Não se aplica
	D7	2017	GeoGebra e Outros
	D8	2015	GeoGebra
Continuada	MP1	2017	Lousa Digital Interativa
	MA2	2016	GeoGebra
	MA4	2015	Tablet
	MA8	2017	GeoGebra
	MA9	2013	GeoGebra
	MP2	2017	Blog sobre Robótica
	MA11	2015	Tablet, GeoGebra e Grapher
	MA12	2017	GeoGebra
	MA13	2019	OA e Plataforma OBAMA
	D1	2015	Scratch
	D2	2017	AVEA
	D3	2015	GeoGebra
	D5	2013	Régua e Compasso, Construfig3D e SketchUp
	D9	2018	GeoGebra
D10	2015	Moodle	
Ambas	MA5	2013	Não se aplica
	MA6	2012	Não se aplica
	D6	2014	GeoGebra

Fonte: Acervo dos autores (2022).

Analisando esse panorama, percebeu-se que as pesquisas se concentram na formação continuada de professores de Matemática: 60% dos trabalhos que constituem o *corpus* de

análise referem-se exclusivamente a esse espectro, enquanto 28% focam na formação inicial. As demais pesquisas transitam entre ambos os tipos de formação docente.

Acredita-se que essa realidade tenha relação com o contexto profissional dos mestrandos e doutorandos, que direciona os pesquisadores para a construção de atividades formativas junto ao seu ambiente de trabalho para, posteriormente, analisar essas atividades e seus impactos. Esse é o caso, por exemplo, dos trabalhos de Lima (2013), Porto (2016), Silva (2018), Nishio (2017), Vieira (2013) e Alcântara (2015), que serão discutidos a seguir.

Lima (2013), tendo uma trajetória ligada à educação na cidade de Guarulhos (SP), analisou, na sua dissertação, como docentes de Matemática vinculados à rede municipal de ensino são preparados em formações em serviço para utilizar as TDIC em sala de aula. Porto (2016) também se enquadra nessa realidade. Sendo professor da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo, organizou e ministrou um curso para docentes de Matemática da Educação Básica de uma diretoria de ensino deste estado. Nesse contexto, buscou “oportunizar o uso do GeoGebra por meio de dispositivos *mobile*, visando uma possível utilização na prática” (PORTO, 2016, p. 40).

Nesse mesmo viés, Silva (2018) realizou pesquisa para identificar os conhecimentos construídos por docentes de Matemática do Ensino Médio, a partir do quadro teórico do TPACK, durante uma formação continuada. O curso proposto pelo pesquisador focou no ensino e na aprendizagem de Geometria Espacial com uso do GeoGebra 3D.

Na mesma linha, a tese de Nishio (2017) guarda relação com a experiência da pesquisadora na função de tutora de cursos a distância voltados para docentes. Em seu trabalho, estudou como acontece a formação continuada de professores de Matemática para o uso pedagógico das TDIC em uma disciplina de um curso de pós-graduação. A autora explica que:

Observar os professores cursistas se apropriando de novas metodologias e aplicando em suas aulas foram experiências que poderiam validar a construção do conhecimento matemático por meio de recursos tecnológicos acessíveis e motivadores. Percebi o quanto essa formação continuada poderia ser potencialmente válida para alcançar

resultados satisfatórios no ensino da Matemática na educação básica (NISHIO, 2017, p. 18).

Em sua tese, Vieira (2013) revelou a importância de sua atuação como professora de Matemática e como responsável por um laboratório de informática para vislumbrar a necessidade de uso de mecanismos digitais capazes de contribuir com os processos de ensino e de aprendizagem. De acordo com a pesquisadora, foi no ambiente destinado às TDIC que pôde perceber que “a maioria dos professores levava sua turma para o laboratório, mas não se envolvia com a aula. Alguns ficavam sentados assistindo, outros escolhiam esse momento para se ausentar ou realizar suas tarefas individuais [...]” (VIEIRA, 2013, p. 19).

No contexto das pesquisas do *corpus*, que se enquadram na categoria das formações continuadas, também é possível perceber que os cursos oferecidos foram além da simples apresentação de *softwares*. Essa percepção é importante, pois, de acordo com Mishra e Koehler (2006), a ideia comum sobre a integração das TDIC aos processos de ensino e de aprendizagem sugere que o simples treino dos professores para o uso técnico das TDIC pode levá-los a desenvolver o TPACK. Essa ênfase tecnocrata (e equivocada!) entende a tecnologia como um campo isolado, com uma integridade independente, e imagina que seu potencial pode ser liberado com a simples aprendizagem de habilidades básicas de computação.

Corroborando a importância de uma visão integrada de conhecimentos sobre tecnologia, pedagogia e conteúdo na formação docente, Vieira (2013) ressalta o empoderamento dos professores que frequentaram cursos envolvendo esse viés. Nesse sentido, relata que os docentes notaram que têm capacidade de trazer as TDIC para suas aulas e que foi possível perceber a evolução dos docentes rumo ao TPACK. Entretanto, aponta a necessidade de formações regulares, para que os professores consigam acompanhar as constantes renovações tecnológicas, características da era digital.

Da mesma forma, Alcântara (2015) enfatiza que o TPACK se consolida e se amplia quando o professor passa a agregar, nas suas aulas, novas possibilidades pedagógicas trazidas pelas TDIC e exploradas

nas formações continuadas. Segundo a autora, o docente passa a repensar e a melhorar suas práticas, deixando de aplicar apenas receitas passo a passo de ações prontas e engessadas.

Ratificando a relevância da formação continuada, um fator frequentemente é evidenciado nas pesquisas: a importância dada pelos sujeitos à interação com seus pares, proporcionada pelos cursos oferecidos. Além de Vieira (2013) e Alcântara (2015), Idem (2017) também qualifica como essenciais as trocas de ideias entre os docentes nos momentos formativos.

Outra característica que diferencia os trabalhos estudados é o recurso tecnológico explorado. Nesse sentido, 48% das pesquisas focaram exclusivamente no *software* de matemática dinâmica GeoGebra⁶, enquanto 8% abordaram-no em conjunto com outras ferramentas digitais. Portanto, a maior parte das investigações tratou, de alguma forma, da relevância do GeoGebra para desenvolver o TPACK junto a professores de Matemática.

Baldini (2014), em seu estudo, procurou investigar que elementos de práticas docentes, com a utilização do GeoGebra, contribuem para o desenvolvimento profissional de professores de Matemática. Entre os resultados alcançados, a investigadora sublinha a oportunidade dada aos professores de ocupar papéis ativos em sua formação, compartilhar experiências profissionais, discutir seus erros sem constrangimentos, comparar estratégias didáticas e utilizar as TDIC em conjunto (ou não) com lápis e papel.

Já Cibotto (2015) concentrou sua investigação no uso pedagógico das TDIC na formação inicial de professores de Matemática. Um dos pontos de interesse do seu trabalho foi a análise da utilização pedagógica do GeoGebra por estagiários em suas práticas de ensino de funções quadráticas. Segundo a pesquisadora, os resultados apontam aprendizados e indicam potencialidades e limites no uso das TDIC. Ela acentua a necessidade da vivência dos licenciandos no uso pedagógico dessas

ferramentas para que se sintam à vontade ao utilizá-las ao longo de suas atividades profissionais.

Ainda no que se refere às pesquisas centradas no uso do GeoGebra, há a dissertação de Colling (2017), cujo objetivo foi investigar as perspectivas de articulação das TDIC no contexto de atividades formativas de futuros professores de Matemática. A pesquisadora identificou quatro categorias centrais de articulação das TDIC nos ambientes de ensino e de aprendizagem e, assim, argumenta que essas categorias direcionam para os aspectos estudados na teorização do trabalho, articulando conhecimentos pedagógicos, tecnológicos e de conteúdo.

Procurando reafirmar a importância do uso pedagógico das TDIC na formação inicial de professores de Matemática, Leite (2017) propôs-se a levantar concepções de um grupo de futuros docentes sobre aspectos epistemológicos e didáticos de elementos de geometria plana. Nas suas conclusões, refere que a análise, na tentativa de observar a integração das três dimensões do TPACK, foi prejudicada por frequentes equívocos relacionados com o conhecimento do conteúdo. Ela chama atenção para o fato de que o desenvolvimento insuficiente de ao menos uma das três dimensões do TPACK pode gerar efeitos negativos na integração de conteúdo, tecnologia e pedagogia.

Oliveira (2017), por sua vez, propôs-se a analisar, em um curso de formação continuada, a mobilização de conhecimentos no estudo de funções quadráticas e figuras planas com o auxílio do GeoGebra. Considerando satisfatórios os resultados alcançados, o pesquisador constatou ampliações de conhecimentos de conteúdo, pedagógicos e tecnológicos. Ademais, cita como principal elo catalisador da evolução do TPACK o conhecimento matemático específico, que norteou a construção de saberes inerentes ao GeoGebra e ao seu uso pedagógico. Oliveira (2017) observa que o *software* foi fundamental para a formação

⁶ *Software* gratuito e adequado para ser utilizado tanto na Educação Básica quanto no Ensino Superior. Desenvolvido em sua primeira versão no ano de 2001, possibilita o trabalho com Geometria, Álgebra, Estatística e Cálculo. O site oficial

(www.geogebra.org) disponibiliza diversos recursos produzidos com o *software* e que podem ser adaptados e utilizados livremente em sala de aula.

proposta e para o desenvolvimento do TPACK, pois possibilitou manipulações e visualizações instantâneas, relacionando as figuras com suas funções de área e auxiliando na articulação entre Álgebra e Geometria.

Padilha (2015) trabalhou o GeoGebra em articulação com outras ferramentas digitais, como o Grapher⁷. A partir de um curso de formação continuada, o pesquisador objetivou interpretar qualitativamente os dados coletados na interação com os cursistas. Identificou três fases distintas (periférica, adaptação e inovação), não necessariamente sequenciais e isoladas, do processo de desenvolvimento do TPACK. Nesse contexto, aponta que apenas um professor, dentre os seis que compuseram o grupo pesquisado, evidenciou características relacionadas com a fase denominada de inovação. Segundo o autor, isso se deve à necessidade de conhecimento de variadas concepções de ensino e de aprendizagem, domínio técnico da ferramenta digital utilizada e condições materiais adequadas na sala de aula.

Considerações finais

A construção do estado do conhecimento, envolvendo o TPACK e a formação de professores de Matemática, possibilitou uma aproximação com o tema, permitindo a insurgência de percepções acerca de tópicos relevantes. Tentando reunir os principais elementos decorrentes da análise, frisa-se que a partir do ano de 2012 foi possível encontrar pesquisas brasileiras relacionadas ao TPACK. Nesse sentido, exaltam-se as regiões Sul e Sudeste como celeiros da maior parte das produções envolvendo o tema.

O contato com as pesquisas inventariadas, que mostrou maior concentração na formação continuada de professores, revelou também uma realidade premente, ainda que por vezes implícita: as investigações reverberam o ambiente de trabalho dos pesquisadores. Assim, em diferentes contextos, exemplos de novas

possibilidades de ensino, alicerçadas em questões tecnológicas, pedagógicas e de conteúdo, foram discutidas a partir dos estudos inventariados.

Entre as pesquisas do *corpus*, o GeoGebra despontou como o *software* mais utilizado com vistas ao desenvolvimento do TPACK junto a professores de Matemática. Tal programa emergiu como o único recurso tecnológico utilizado em 48% dos estudos, fato que corrobora a relevância e a potencialidade dessa ferramenta para a construção de dinâmicas pedagógicas enriquecedoras e, conseqüentemente, para a qualificação dos processos de ensino e aprendizagem de Matemática.

O mapeamento do campo de estudo e a construção das reflexões suscitadas permitiram, também, uma sistematização de referenciais bibliográficos sobre o tema, ampliando o horizonte dos autores deste artigo sobre o quadro teórico do TPACK no contexto formativo docente. Nesse sentido, pode-se entender, por exemplo, que há espaço para novas e diferentes pesquisas envolvendo o TPACK e recursos digitais educacionais mais variados. Além do GeoGebra, *softwares* como TinkerPlots⁸, Mentimeter⁹, Pear Deck¹⁰ e tantos outros podem ser explorados em futuras investigações.

Essa questão é considerada particularmente importante, pois, como as tecnologias evoluem e mudam continuamente, a natureza do conhecimento tecnológico, e conseqüentemente do TPACK, acaba mudando constantemente. Dessa forma, conforme apontam Mishra e Koehler (2006), a habilidade de se adaptar a diferentes recursos, aprendendo a utilizá-los em práticas pedagógicas é fundamental. Ademais, entendendo a relevância dada ao contexto de ensino e de aprendizagem trazida no estudo do TPACK, é possível compreender que um *software*, que cativa e fomenta o aprendizado de uma turma, pode não trazer o mesmo resultado em outra. Por essa razão, Chai *et al.* (2013) argumentam que o TPACK se

⁷ *Software* gratuito de geometria dinâmica com mais de 80 opções de *layout* para a criação de gráficos.

⁸ *Software* para visualização e modelagem de dados. Disponível em: www.tinkerplots.com

⁹ Editor *online* para a criação de apresentações interativas. Disponível em: www.mentimeter.com

¹⁰ Complemento do Google Slides para a criação de atividades dinâmicas. Disponível em: www.peardeck.com

configura a partir do uso de diversas ferramentas tecnológicas para ensinar.

Acredita-se que ficam evidenciados, por meio desta investigação, os desafios de contribuir para o desenvolvimento de uma nova perspectiva de pensar e agir junto aos docentes de Matemática, de modo que sejam contempladas intersecções entre conteúdo, tecnologia e pedagogia. A partir do que já foi pesquisado e discutido, podem ser encontradas práticas exemplares que podem ser adaptadas e multiplicadas em formações docentes nas mais diversas regiões. Ademais, tendo sido inventariado o que foi feito, em termos de investigações acadêmicas envolvendo o TPACK e a formação de professores de Matemática, pode-se perceber espaços existentes para a construção de novas pesquisas, com tecnologias e abordagens pedagógicas distintas daquelas já estudadas até então.

Referências

- ALCÂNTARA, L. A. G. **A Trajetória de Desenvolvimento do Professor na Utilização de Tecnologias nas Aulas de Matemática em um Contexto de Formação Continuada.** (Mestrado em Ensino) – Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2015.
- ARNAL-BAILERA, A.; OLLER-MARCEN, A. M. Formación del Profesorado y Demostración Matemática. Estudio Exploratorio e Implicaciones. **Bolema**, Rio Claro, v. 31, n. 57, 2017.
- BALDINI, L. A. F. **Elementos de uma Comunidade de Prática que Permitem o Desenvolvimento Profissional de Professores e Futuros Professores de Matemática na Utilização do Software GeoGebra.** (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação Qualitativa em Educação.** Tradução de Maria João Álvarez, Sara Bahia dos Santos e Telmo Mourinho Baptista. 4ª ed. Porto Editora: Porto, Portugal, 2006.
- BORGES, T. D.; LIMA, V. M. R.; RAMOS, M. G. Argumentação no Ensino de Ciências: estado do conhecimento das produções stricto sensu brasileiras nos últimos dez anos. **Revista Dynamis**. Blumenau, v. 24, n. 1, 2018.
- CHAI, C. S.; KOH, J. H. L.; TSAI, C. A Review of Technological Pedagogical Content Knowledge. **Educational Technology & Society**, v. 16, n. 2, 2013.
- CIBOTTO, R. A. G. **O Uso Pedagógico das Tecnologias da Informação e Comunicação na Formação de Professores: uma experiência na licenciatura em matemática.** (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.
- CIBOTTO, R. A. G.; OLIVEIRA, R. M. M. A. TPACK - Conhecimento Tecnológico e Pedagógico do Conteúdo: uma revisão teórica. **Imagens da Educação**, v. 7, n. 2, 2017.
- COLIING, J. **Perspectivas de Articulação de Conhecimentos Pedagógicos, Tecnológicos e do Conteúdo na Formação Inicial de Professores de Matemática.** (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Fronteira Sul, Campus Chapecó, Chapecó, 2017.
- GADAMER, H. G. **Verdade e Método.** Petrópolis: Vozes, 1997.
- HARRIS, J.; MISHRA, P.; KOEHLER, M. Teachers' Technological Pedagogical Content Knowledge and Learning Activity Types: curriculum-based technological integration reframed. **Journal of Research on Technology in Education**, v. 41, n. 4, 2009.
- IDEM, R. C. **Construcionismo, Conhecimentos Docentes e GeoGebra: uma experiência envolvendo licenciandos em matemática e professores.** (Mestrado em Educação Matemática) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2017.
- IRWANTO, I. Research Trends in Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK): A Systematic Literature Review from 2010 to 2020. **European Journal of Educational Research**, v. 10, n. 4, 2021.
- KOEHLER, M. J.; MISHRA, P.; CAIN, W. What is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? **Journal of Education**, v. 193, n. 3, 2013.
- LEITE, R. S. **Formação de Professores de Matemática e Tecnologias Digitais: um estudo sobre o teorema de Tales.** (Mestrado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2017.
- LIMA, M. A. S. **Tecnologias no Ensino de Matemática e na Formação de Professores do Município de Guarulhos (SP).** (Mestrado em

Educação Matemática) – Universidade Bandeirante Anhanguera, São Paulo, 2013.

MISHRA, P.; KOEHLER, M. J. Technological Pedagogical Content Knowledge: a framework for teacher knowledge. **Teachers College Records**. Columbia, v. 108, n. 6, 2006.

MISHRA, M.; KOEHLER, M. J.; HENRIKSEN, D. The Seven Trans-Disciplinary Habits of Mind: extending the TPACK framework towards 21st century learning. **Educational Technology**, 2011.

MOROSINI, M. Estado do conhecimento e questões de campo científico. **Revista da Educação**. Santa Maria, v. 40, n. 1, 2015.

MOROSINI, M.; FERNANDES, C. M. B. Estado do Conhecimento: conceitos, finalidades e interlocuções. **Educação por Escrito**. Porto Alegre, v. 5, n. 2, 2014.

MOROSINI, M.; NASCIMENTO, L. M. Internacionalização da Educação Superior no Brasil. **Educação em Revista**. Belo Horizonte, n. 33, 2017.

NISS, M. L.; RONAU, R. N.; SHAFER, K. G.; DRISKELL, S. O.; HARPER, S. R.; JOHNSON, C.; ÖZGÜN-KOCA, S. A.; KERSAINT, G. Mathematics Teacher TPACK Standards and Development Model. **Contemporary Issues in Technology and Teacher Education**, v. 9, 2009.

NISHIO, A. L. **Formação Continuada de Professores de Matemática em um Ambiente Virtual de Aprendizagem**. (Doutorado em Educação) – Universidade Católica de Petrópolis, Petrópolis, 2017.

OLIVEIRA, H.; HENRIQUES, A.; GUTIÉRREZ-FALLAS, L. F. A Integração da Tecnologia na Planificação de Aulas na Perspectiva do Ensino

Exploratório: um estudo com futuros professores de Matemática. **Perspectiva**, v. 36, n. 2, 2018.

OLIVEIRA, W. A. **Tecnologias Digitais na Formação Continuada: situações de ensino articulando geometria e funções**. Dissertação. (Mestrado em Educação Matemática) – Universidade Anhanguera de São Paulo, São Paulo, 2017.

PADILHA, O. R. **Apropriação das Tecnologias Digitais Móveis para Explorar Funções Polinomiais do 1º Grau**. Dissertação. (Mestrado em Educação Matemática) – Universidade Anhanguera de São Paulo, São Paulo, 2015.

PORTO, F. R. **Formação Continuada do Professor de Matemática para o Uso do GeoGebra em Dispositivo Mobile**. (Mestrado em Educação Matemática) – Universidade Anhanguera de São Paulo, São Paulo, 2016.

SILVA, W. O. **Formação Continuada: um estudo sobre integração de tecnologia digital para ensinar poliedros**. (Doutorado em Educação Matemática) – Universidade Anhanguera de São Paulo, São Paulo, 2018.

SHULMAN, L. S. Those Who Understand: knowledge growth in teaching. **Educational Researcher**, n. 15, v. 2, 1986.

SHULMAN, L. S. Knowledge and Teaching: foundations of the new reforms. **Harvard Educational Review**, n. 57, v. 1, 1987.

VIEIRA, E. R. **Grupo de Estudos de Professores e a Apropriação de Tecnologia Digital no Ensino de Geometria: caminhos para o conhecimento profissional**. (Doutorado em Educação Matemática) – Universidade Anhanguera de São Paulo, São Paulo, 2013.

Rafael Winícius da Silva Bueno: Doutor em Educação em Ciências e Matemática e Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha

Clarissa Coragem Ballejo: Doutora em Educação em Ciências e Matemática e Professora da Rede Particular de Ensino de Porto Alegre.

Thelma Duarte Brandolt Borges: Doutora em Educação em Ciências e Matemática e Professora da Rede Particular de Ensino de Uruguaiana.