



TPACK

UMA FERRAMENTA PARA A INTEGRAÇÃO DA TECNOLOGIA
NO ENSINO E NA APRENDIZAGEM

TEMAS PARA A FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DO SÉC. XXI

NUNO MARTINS

CECÍLIA COSTA

RICARDO SILVA

FERNANDO MARTINS

NÚCLEO DE INVESTIGAÇÃO, EDUCAÇÃO, FORMAÇÃO E INTERVENÇÃO
I2A – INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO APLICADA

NUNO MARTINS
CECÍLIA COSTA
RICARDO SILVA
FERNANDO MARTINS

TPACK

UMA FERRAMENTA PARA A INTEGRAÇÃO DA TECNOLOGIA
NO ENSINO E NA APRENDIZAGEM

TEMAS PARA A FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DO SÉC. XXI



**Politécnico
de Coimbra**



**Escola Superior
de Educação**
Politécnico de Coimbra

NÚCLEO DE INVESTIGAÇÃO, EDUCAÇÃO, FORMAÇÃO E INTERVENÇÃO
I2A – INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO APLICADA

Ficha técnica

Título

TPACK - uma ferramenta para integrar tecnologia no ensino e na aprendizagem

Autores

Nuno Martins, Cecília Costa, Ricardo Silva, Fernando Martins

Capa, paginação e grafismo

Nuno Martins, Cecília Costa, Ricardo Silva, Fernando Martins

Produção

Instituto Politécnico de Coimbra / Escola Superior de Educação.
Instituto de Investigação Aplicada / Núcleo de Investigação,
Educação, Formação e Intervenção

ISBN: 978-989-99491-6-4

Suporte: Eletrónico

Formato: PDF/PDF/A

Coimbra, novembro de 2022

Copyright

Todos os direitos reservados ao Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Educação. É proibida a duplicação ou reprodução deste volume, no todo ou em parte, sob quaisquer formas ou por quaisquer meios (eletrónico, mecânico, gravação, fotocópia, entre outros), sem permissão expressa do editor e dos autores.

Sobre os autores

Nuno Lopes Martins

Doutorado na Área Científica da Didática de Ciências e Tecnologias, especialização de Didática de Ciências Matemáticas, pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, desde 2020. É Professor Convidado do IPC-ESEC desde 2002.

◆ Ciência ID: C517-6A9D-D90B; ORCID ID: 0000-0001-8850-338X.

Maria Cecília Rosas Pereira Peixoto da Costa

Doutorada na Área Científica de Ciências Exatas, Naturais e Tecnológicas – Matemática, pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), desde 2000 e Agregada em Didática de Ciências e Tecnologia (Especialidade: Didática de Ciências Matemáticas), pela UTAD, desde 23/01/2013. É Professora Associada da UTAD-ECT desde 2021.

◆ Ciência ID: E116-E756-3152; ORCID ID: 0000-0002-9962-562X;
Scopus Author ID: 7201473794.

Ricardo Jorge Pratas Silva

Bolseiro de Investigação de Doutoramento da Fundação para a Ciência e a Tecnologia na instituição de acolhimento Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Mestre em Ensino do 1.º Ciclo do Ensino Básico e de Matemática e Ciências Naturais no 2.º Ciclo do Ensino Básico em 2018 pela Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Coimbra.

◆ Ciência ID: 861B-491D-D0F4; ORCID ID: 0000-0002-1866-1283;
Scopus Author ID: 57224874712.

Fernando Manuel Lourenço Martins

Doutorado na Área Científica de Matemática, pela Universidade da Beira Interior, desde 2007 e Agregado em Estudos da Criança (Especialidade: Infância, Desenvolvimento e Aprendizagem), pela Universidade do Minho, desde 09/04/2021. É Professor Coordenador do IPC-ESEC desde 2022.

◆ Ciência ID: 8512-5BB4-6DFD; ORCID ID: 0000-0002-1812-2300;
Scopus Author ID: 57217191490.

Agradecimentos

Apoio institucional

- ★ Instituto Politécnico de Coimbra / Escola Superior de Educação / Instituto de Investigação Aplicada (i2A) / Núcleo de Investigação, Educação, Formação e Intervenção.
- ★ Instituto de Investigação Aplicada (i2A) do Politécnico de Coimbra no âmbito da Dispensa para Investigação Aplicada (Despacho n.º 7333/2020).
- ★ Instituto de Telecomunicações, Delegação da Covilhã, financiado pela FCT/MCTES através de fundos nacionais e quando aplicável cofinanciado por fundos comunitários no âmbito do projeto UIDB/50008/2020.
- ★ Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro / Escola de Ciências e Tecnologia / Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores.

Nota de abertura

De um modo geral, considera-se consensual, por parte da comunidade científica, as potencialidades e benefícios que o uso das tecnologias da informação e comunicação (TIC) pode trazer à área da educação. Estas mais-valias observam-se desde os processos de ensino e de aprendizagem até aos resultados alcançados pelos alunos. Além disso, as TIC também vieram alterar a forma como o conhecimento é construído e aprofundado, aumentando consideravelmente a eficiência das atividades baseadas no conhecimento. As TIC tornaram-se, assim, uma ferramenta imprescindível aos agentes que trabalham com o conhecimento, desde investigadores e professores a alunos.

Atendendo à celeridade com que as TIC começaram a fazer parte da sociedade e, em particular, na educação, foi premente que organizações internacionais como a *Organization for Economic Cooperation and Development* (OECD) ou a *United Nations Educational, Scientific and Cultural*

Organization (UNESCO) se debruçassem sobre quais as novas competências e conhecimentos necessários que um estudante, no século XXI, deveria adquirir, durante o seu percurso escolar, por forma a tornar-se um cidadão integrado e bem-sucedido na sociedade.

No documento lançado pela UNESCO ICT Competence Framework for Teachers (2008) é referido que os professores devem estar cientes de que um dos objetivos da alfabetização tecnológica é permitir que os cidadãos, onde os alunos, naturalmente, se incluem, usem as TIC para apoiar o desenvolvimento social e melhorar a produtividade económica. Os professores deverão, como tal, estar atentos a estes objetivos políticos e serem capazes de identificar as componentes que, nos currículos, lhes correspondem.

O projeto da OECD (2018), *The future of education and skills Education 2030*, foi lançado para delinear a educação do futuro e, embora este não se possa prever, é necessário que estejamos preparados para ele, analisando e prevendo tendências. Com este projeto, a OECD pretende ajudar os

países a encontrar respostas para duas questões de grande alcance: “Que conhecimentos, competências, atitudes e valores precisam os estudantes de hoje para terem sucesso no seu mundo, em 2030?” (OECD, 2018, p. 2) e “Como é que os sistemas de ensino podem desenvolver esses conhecimentos, competências, atitudes e valores de forma eficaz?” (OECD, 2018, p. 2).

Recentemente, tem vindo a ganhar mais preponderância uma educação conectada globalmente, com facilidade de acesso ao conhecimento, inovadora, de exigência constante e com desenvolvimento de novas competências e conhecimentos, muito relacionadas com as áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharia, Arte e Matemática (STEAM). A tecnologia desempenha, aqui, um papel influente, pois possibilita a aprendizagem de determinados domínios de forma mais eficaz, tornando os alunos mais independentes na sua própria aprendizagem e forçando os professores a assumir um novo papel – o de facilitadores – que os guiarão por meio do seu processo de aprendizagem.

Conscientes do papel preponderante que a tecnologia tem vindo, cada vez mais, a desempenhar na educação, e de que os futuros professores necessitam sempre de uma formação inicial de qualidade que os prepare para a sua futura profissão, apresentamos este *e-book*, onde podemos encontrar uma resenha sobre um dos quadros conceptuais teóricos mais divulgado da atualidade, acerca da integração da tecnologia no processo de ensino e de aprendizagem.

Este *e-book*, que resulta, em parte, do trabalho de doutoramento do primeiro autor, pode funcionar como um manual de fácil consulta para todos aqueles que, num futuro próximo, pretendam fazer uma integração eficaz da tecnologia nas suas práticas letivas, por forma a potenciar as aprendizagens dos seus alunos, quer sejam futuros educadores e professores ou educadores e professores já no ativo. Tal como refere Ertmer (2010), é altura para mudar a nossa mentalidade e ter a consciência de que a tecnologia é uma ferramenta de ensino extra e que assume, tal como em muitas outras profissões, um papel essencial para se obterem resultados mais bem-sucedidos nas aprendizagens dos alu-

NOS.

Assim, organizou-se este *e-book* em seis partes:

1. A primeira parte foca a problemática deste ensaio, onde é salientada a importância da integração da tecnologia nas práticas dos futuros professores e de quem fundamental é a formação destes, para um desempenho eficiente na sua futura profissão, por forma a potenciar as aprendizagens dos seus alunos.
2. A segunda parte aborda os fundamentos do quadro conceptual de conhecimento profissional TPACK bem como o seu desenvolvimento.
3. Na terceira parte é descrito como, a partir do quadro conceptual TPACK, foi desenvolvido o quadro conceptual M-TPACK.
4. Na quarta parte são abordadas as diferentes estratégias, referenciadas na literatura, para o desenvolvimento do quadro conceptual TPACK.
5. Na quinta parte são apresentados diferentes instru-

mentos, referenciadas na literatura, usados para a avaliação do quadro conceptual TPACK.

6. Na sexta e última parte, são apresentadas, recorrendo a diversos autores, conclusões do ensaio, onde é sintetizada a ideia da importância do quadro conceptual TPACK no desenvolvimento profissional quer seja de um futuro professor ou de um professor já no ativo.

Índice

1	Formulação da problemática	1
2	Emergência do quadro conceptual TPACK	6
3	Adequação do quadro conceptual TPACK à Matemática	34
4	Estratégias para desenvolver o quadro conceptual TPACK	45
4.1	Focadas no <i>design</i>	47
4.2	Focadas no conteúdo	50
4.3	Focadas na tecnologia	52
4.4	Focadas na organização de cursos	55
5	Instrumentos de avaliação do quadro conceptual TPACK	59
5.1	O método de autoavaliação por questionário	59
5.2	Os métodos por observação e avaliação de desempenho e das entrevistas	68

6	Conclusões	76
	Referências	80

1 Formulação da problemática

Os profissionais do século XXI pensam e agem de forma diferente dos profissionais de séculos anteriores, devido, pelo menos em parte, às ferramentas radicalmente diferentes que utilizam para realizar os seus trabalhos (Etmer, 2010). É, por isso, também expectável, que uma classe profissional tão fundamental para uma sociedade que se quer evoluída, use ferramentas modernas, como seja a tecnologia, por forma a aumentar a sua eficácia na profissão. Hoje em dia, já não é propriamente adequado, um profissional da educação não fazer uso das potencialidades de ferramentas tecnológicas, pois tal não se coaduna com as necessidades de um aluno do século XXI. No entanto, fazer uso da tecnologia simplesmente para apoiar um ensino tradicional, baseado em palestras, está muito aquém das melhores práticas recomendadas.

Para se almejar uma eficaz utilização da tecnologia, tão

necessária para um ensino e uma aprendizagem condizentes com este século, é necessário ajudar os futuros professores a entender a melhor maneira de integrar de forma eficaz a tecnologia, de modo a facilitar uma aprendizagem que se quer significativa, permitindo que os seus futuros alunos construam um conhecimento profundo e consistente.

Assim, a preparação de futuros professores para uma integração adequada da tecnologia na sua prática letiva é um desafio com que as instituições de formação de professores se confrontam cada vez mais (Liu, 2016; OECD, 2018; Ottenbreit-Leftwich et al., 2010), quer seja através de uma formação inicial ou contínua. Para esta preparação, as instituições, com a colaboração do seu corpo docente, precisam de ajudar os estudantes a superar as lacunas existentes entre o conhecimento do conteúdo, a pedagogia e a tecnologia (Tondeur et al., 2017b). Koehler e Mishra (2009) argumentam que, para a integração tecnológica ocorrer na educação, os professores devem ser competentes nessas três dimensões do conhecimento mas, mais importante, devem ser capazes de as integrar e articular (Sang et al., 2014; Schmidt et al.,

2009).

Na literatura da especialidade é referido que a tecnologia, por si só, não é a solução para melhorar o ensino (Ertmer, 2005; Ottenbreit-Leftwich et al., 2012), de facto, os futuros professores precisam de possuir, entre outras competências, conhecimentos adequados de tecnologia, pedagogia e conteúdo (Sintema, 2018). Dentro da sala de aula, também um professor que forma futuros professores, deve ser capaz de promover não apenas conhecimento técnico, mas também conhecimento do conteúdo e conhecimento pedagógico para fomentar, de forma consistente, aulas produtivas e eficientes (Koehler & Mishra, 2009). Uma omissão nos conhecimentos de um professor em qualquer uma dessas áreas pode contribuir para uma formação deficitária na integração da tecnologia em contextos educativos desses futuros professores, ainda que o conteúdo e o conhecimento pedagógico sejam frequentemente o foco de muitos programas de formação de professores (Ertmer & Ottenbreit-Leftwich, 2010). Existe uma lacuna entre o que se ensina a futuros professores, na formação inicial, e o modo como estes irão

usar a tecnologia na sala de aula nas suas futuras práticas (Ottenbreit-Leftwich et al., 2010; Pope et al., 2002; Stobaugh & Tassell, 2011; Tondeur, et al., 2017a).

Para desenvolver, de forma efetiva, estas competências de integração, os futuros professores devem prestar uma atenção especial às relações fundamentais entre o conhecimento de tecnologia, pedagogia e conteúdo (Chai et al., 2015; Harris et al., 2009; Mishra & Koehler, 2006) sendo que estas relações podem ser compreendidas através da lente do Conhecimento Tecnológico, Pedagógico e do Conteúdo – *Technology, Pedagogy, and Content Knowledge* (TPACK) (Mishra & Koehler, 2006).

O quadro TPACK tem vindo a ser introduzido como uma estrutura conceptual para a base de conhecimento de que os professores necessitam para ensinar de uma forma efetiva com a tecnologia. A estrutura tem origem na noção de que a integração da tecnologia num contexto educacional específico beneficia de uma cuidadosa articulação do conteúdo, da pedagogia e do potencial da tecnologia, e que os profes-

sores que desejem integrar a tecnologia na sua prática de ensino, precisam de ser competentes nestes três domínios.

Considerando o referido, formulamos os seguintes objetivos para este ensaio:

1. Apresentar os fundamentos da evolução do quadro conceptual TPACK ao M-TPACK.
2. Refletir sobre diferentes estratégias usadas para desenvolver o quadro conceptual TPACK.
3. Apresentar os diferentes instrumentos usados para a avaliação do quadro conceptual TPACK.

2 Emergência do quadro conceptual TPACK

Antes de Lee Shulman (1986) apresentar à comunidade o seu quadro conceptual Conhecimento Pedagógico do Conteúdo, a formação de um professor estava assente essencialmente no conhecimento do conteúdo específico de uma determinada disciplina e, de forma menos relevante, num conhecimento geral de estratégias pedagógicas. De facto, entendia-se que para ser um bom professor, bastava que este dominasse uma determinada quantidade de matéria um pouco superior ao que se esperaria que os alunos aprendessem. Os professores eram, assim, avaliados, principalmente, pelo domínio do conteúdo. Eram obrigados a provar que tinham o conhecimento necessário sobre um determinado assunto e supunha-se que, passada essa prova, estariam aptos a transmitir/transferir esses conhecimentos aos seus alunos. Na realidade, era dada pouca atenção aos

meios ou procedimentos de ensino.

Ao definir o seu modelo, Shulman tenta colmatar o que ele descreve como a lacuna entre o conhecimento que é necessário e esperado um professor ter, e as ferramentas que este deve possuir para tornar o conhecimento acessível aos seus alunos. Para Shulman (1986) as dimensões do conhecimento específico e da pedagogia estavam a ser tratados como domínios independentes. Com o objetivo de ultrapassar esta separação, Shulman propôs considerar a interligação entre essas duas dimensões do conhecimento, introduzindo assim a noção do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo – *Pedagogical Content Knowledge* (PCK) (Shulman, 1986). Esta nova dimensão do conhecimento resulta assim da interseção dos dois conhecimentos base existentes: o Conhecimento do Conteúdo – *Content Knowledge* (CK) e o Conhecimento Pedagógico – *Pedagogical Knowledge* (PK)(Figura 1).

O PCK é entendido como sendo o conhecimento que o professor deve ter para organizar, representar e adotar estraté-

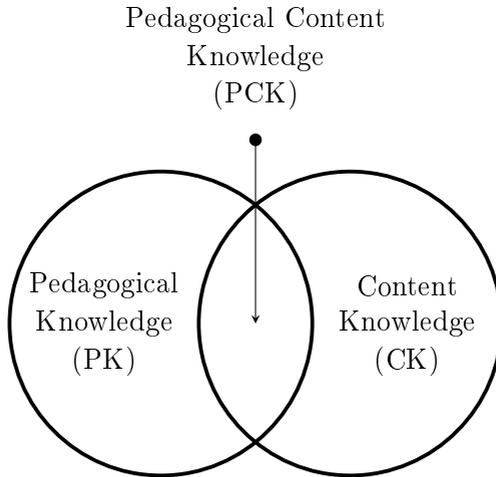


Figura 1: O Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK), proposto por Shulman (1986).

gias para ensinar determinado conteúdo específico (Mishra & Koehler, 2006) ou seja, o meio de traduzir os conteúdos para os tornar compreensíveis aos estudantes (Shulman, 1986). Talvez pelo facto de, naquele tempo, a tecnologia não ter a influência na sociedade e na educação em particular, que tem nos dias de hoje, Shulman não inclui no seu modelo, a forma como o conhecimento tecnológico pode interagir com os outros dois conhecimentos base. Assim o PCK, na sua forma original, não explica especificamente como os professores podem utilizar o potencial da tecnolo-

gia para transformar pedagogicamente o conteúdo para os alunos (Andrade, 2018).

Com o crescimento, disseminação e preponderância que a tecnologia tem vindo a ter na sociedade, o modelo proposto por Shulman necessitou de uma reestruturação, por forma a ser incluído um conhecimento que, também, um professor deverá possuir: o conhecimento tecnológico – *Technology Knowledge* (TK).

No início do século XXI, a *International Society for Technology in Education* (ISTE), desafiou a comunidade docente a pensar sobre os conhecimentos e competências tecnológicas que um aluno necessita de ter para se inserir numa sociedade cada vez mais tecnológica (ISTE, 2002). Com o objetivo de apoiar o uso efetivo de tecnologias apropriadas em ambientes escolares, o ISTE lançou as normas *National Education Technology Standards for Students* [NETS-S] (ISTE, 2000). O ISTE reconheceu que estas novas normas exigiam aos professores novos conhecimentos, diferentes daqueles que já existiam. Dois anos depois, foram publicadas

as normas na versão para professor, *National Education Technology Standards for Teachers* [NETS-T] (ISTE, 2002).

Embora estando-se numa sociedade em rápida transformação, principalmente no que respeita a tecnologias, houve poucas mudanças no que respeita ao ensino. A intenção do ISTE com as NETS-S foi mudar o foco existente nos conhecimentos e competências básicas para operar com a tecnologia, para passar a existir um foco na aprendizagem de como se fazer uma efetiva integração das tecnologias. Em 2007 houve uma atualização das NETS-S e, posteriormente, em 2008 das NETS-T, por forma a ajudar os professores a aprender a lidar com ambientes de aprendizagem suportados por múltiplas tecnologias.

Efetivamente, estas normas acabaram por alterar o foco das tecnologias para uma preocupação com o currículo e com o uso para efeitos de ensino de recursos e ferramentas digitais. Earle (2002, citado por Niess et al., 2009) referiu-se a esta nova mudança do foco de forma clara:

Integrar tecnologia não se trata de tecnologia em si – trata-se, principalmente, de conteúdo e práticas de ensino eficazes. A tecnologia envolve as ferramentas com as quais se ensina o conteúdo e se implementam práticas mais eficazes. O seu foco deve estar no currículo e na aprendizagem. A integração é definida não pela quantidade ou tipo de tecnologia usada, mas como e o por quê de ser usada (Earle, 2002, p. 8).

Através da publicação dos Princípios e Normas para a Matemática Escolar (NCTM, 2007), o *National Council of Teachers of Mathematics* (NCTM) contribui para a discussão com novas orientações para um ensino da matemática direcionado para século o XXI. Nestas, é salientando o papel desempenhado pela tecnologia:

As tecnologias (...) constituem ferramentas essenciais para o ensino, a aprendizagem e o fazer matemática. Proporcionam imagens visuais das ideias matemáticas, facilitam a organização e a análise de dados, e realizam cálculos de forma eficaz e exata. Poderão servir de apoio a investigações levadas a cabo pelos alunos, em qualquer área da matemática (...). Quando se lhes disponibilizam ferramentas tecnológicas, os alunos podem concentrar-se nas decisões a tomar, na reflexão, no raciocínio e na resolução de problemas. Os alunos podem aprender mais sobre matemática e de forma mais aprofundada, com o uso adequado das tecnologias (Dunham & Dick, 1994; Sheets, 1993; Boers-van Oosterum, 1990; Rojano, 1996; Groves, 1994) (NCTM, 2007, p. 26).

É ainda referido que “a tecnologia pode ajudar os alunos a aprender matemática (...). O envolvimento dos alunos com ideias matemáticas abstratas, incluindo as suas próprias,

pode ser fomentado através da utilização da tecnologia.” (NCTM, 2007, p. 27). Quanto ao papel do professor, é mencionado que “A utilização eficaz da tecnologia, durante as aulas de matemática, depende do professor. (...) Os professores deverão usar a tecnologia para melhorar as oportunidades de aprendizagem dos seus alunos (...)” (NCTM, 2007, p. 27).

De forma análoga, também a *Association Mathematics Teacher Educators* (AMTE), em 2006, defendia que para se melhorar a preparação dos professores de matemática, os programas de formação deveriam assegurar que todos os professores e futuros professores deveriam ter oportunidades para adquirir o conhecimento e experiências necessárias para incorporar tecnologia no contexto do ensino e da aprendizagem da matemática (AMTE, 2006).

Também o Comité de Tecnologia da AMTE, cujo papel é promover a investigação, o relacionamento e a avaliação do uso da tecnologia na formação de professores de matemática e fazer recomendações sobre políticas relacionadas com

questões de tecnologia com o objetivo de melhorar programas de formação de professores de matemática, começou a abordar estas questões, pois apesar da revisão e consequente atualização das NETS-T e das NETS-S nenhuma destas normas continham ideias específicas que indicassem o que estudantes e professores deveriam saber sobre como usar a tecnologia para aprender matemática.

A partir de 2007, o Comité começou a trabalhar num conjunto de normas específicas, para promover a integração da tecnologia no processo de ensino e de aprendizagem da matemática para o ensino não superior, tal como previsto nas NETS-T. Estas normas tinham como objetivo fornecer um referencial para orientar a prática profissional para uma melhoria do ensino e da aprendizagem da matemática para o novo século. Na 12.^a Conferência anual da AMTE, em janeiro de 2008, uma versão preliminar destas normas foi apresentada numa sessão de um grupo de trabalho. Esta versão sofreu melhorias e foi proposta uma nova, na 19.^a Conferência da *Society for Information Technology and Teacher Education* (SITE).

Os temas abordados nestas normas tinham como suporte as ideias que Niess (2005) adaptara de Grossman (1989, 1991) para desenvolver o PCK, onde defendia que um professor só está preparado para ensinar Matemática, quando tem uma compreensão profunda da matemática (conteúdo), do processo de ensino e de aprendizagem (pedagogia) e da tecnologia (Niess, 2006). Com o intuito de clarificar o desenvolvimento do conhecimento integrado e interligado destes domínios base do conhecimento em programas de formação de professores, Niess (2005) propôs uma extensão das quatro ideias centrais de Grossman (1989, 1991) para desenvolver o PCK:

1. ter uma conceção abrangente sobre as finalidades da incorporação da tecnologia no ensino da matemática;

2. ter um conhecimento dos conhecimentos e pensamentos dos alunos sobre a aprendizagem da matemática com a tecnologia;
3. ter um conhecimento do currículo e de materiais curriculares que integrem tecnologia na aprendizagem e no ensino da matemática;
4. ter um conhecimento de estratégias de ensino e representações para ensinar e aprender matemática com tecnologia.

No trabalho de Niess et al. (2009, pp. 18-19), também referido em Sampaio e Coutinho (2012), é apresentado um quadro conceptual de integração da tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática, *Mathematics Teacher TPACK* – Conhecimento Tecnológico e Pedagógico de Conteúdo Matemático (M-TPACK). Esses autores, considerando que a proposta de Mishra e Koehler (2006) apresenta uma explicação generalista para as interseções dos domínios do conhecimento do quadro conceptual TPACK, sugerem este

modelo dedicado ao desenvolvimento do quadro conceptual TPACK de contexto matemático, organizado de forma semelhante ao proposto pelo Comité de Tecnologia da AMTE (2009), em torno de quatro áreas:

1. conceção e desenvolvimento de experiências e ambientes digitais de aprendizagem – os professores concebem e desenvolvem ambientes de aprendizagem autênticos e experiências, incorporando ferramentas e recursos digitais apropriados para maximizar a aprendizagem da Matemática no contexto;
2. ensino, aprendizagem e currículo matemático – os professores implementam planos curriculares que incluem métodos e estratégias para aplicar tecnologias apropriadas para maximizar a aprendizagem e a criatividade matemática dos alunos;

3. análise e avaliação – os professores aplicam a tecnologia para facilitar uma variedade de estratégias de análise e avaliação eficazes;
4. produtividade e prática profissional – os professores usam a tecnologia para melhorar a sua produtividade e prática profissional.

Sentindo também a necessidade da inclusão da dimensão do conhecimento tecnológico no desenvolvimento profissional do professor, Mishra e Koehler (2006) propuseram uma extensão ao modelo de Shulman (1986), adicionando esta nova dimensão do conhecimento (TK) às dimensões já existentes.

Mishra e Koehler (2006) desenvolveram, assim, um quadro conceptual denominado de Conhecimento Tecnológico, Pedagógico do Conteúdo (TPCK), surgindo uma primeira proposta de integração da tecnologia no processo de ensino (Mishra et al., 2002) que, além das dimensões do conhecimento da pedagogia, conhecimento e tecnologia, incluía

também representações – a forma como o conteúdo é instanciado e apresentado (usando as restrições e potencialidades da tecnologia), dimensão que se iria diluir nas restantes ao longo da evolução da proposta – apresentando um modelo (Figura 2) que estabelece relações entre todas as dimensões.

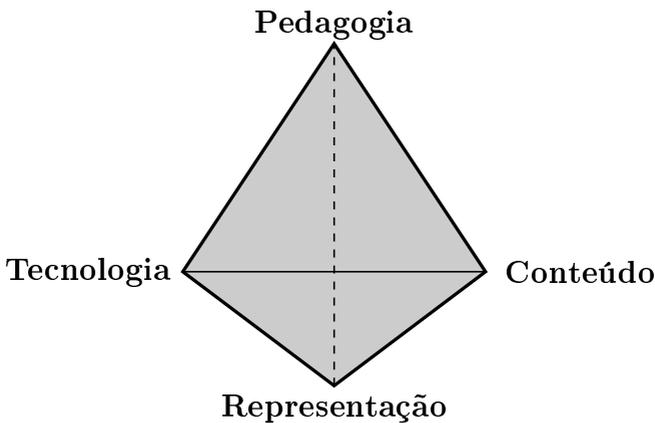


Figura 2: As quatro componentes para integrar com sucesso a tecnologia no ensino (Mishra et al., 2002).

O estudo continuado da integração da tecnologia nos processos de ensino e de aprendizagem levou a uma evolução da proposta (Koehler et al., 2004), aproximando-se mais do modelo final. Estes autores, partiram do trabalho de Shulman (1986) e assumiram uma perspetiva relacional das dimensões do conhecimento (Figura 3) – enfatizando as suas

conexões, interações, restrições e potencialidades – dando origem, mais tarde, à sua interseção.

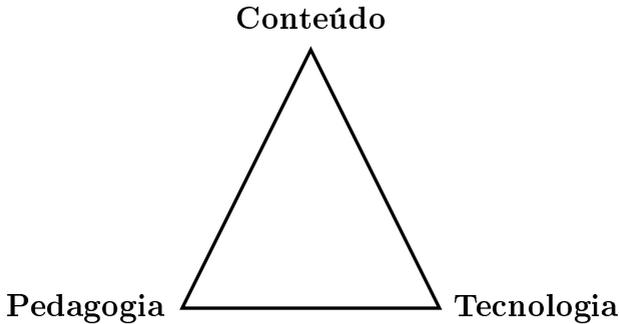


Figura 3: As três componentes para um ensino efetivo com a tecnologia (Koehler et al., 2004).

A etapa seguinte do trabalho de Mishra e Koehler é um passo decisivo em direção ao modelo final (Koehler & Mishra, 2005b) para a sua proposta de integração da tecnologia, nos processos de ensino e de aprendizagem, ao apresentarem a interseção das diferentes dimensões do conhecimento TPACK (Figura 4), assumindo, cada uma destas, uma importância maior dentro do modelo, do que tinham de forma isolada.

A designação TPACK permaneceu na literatura até 2008, evoluindo, depois, para a recente forma TPACK, quando

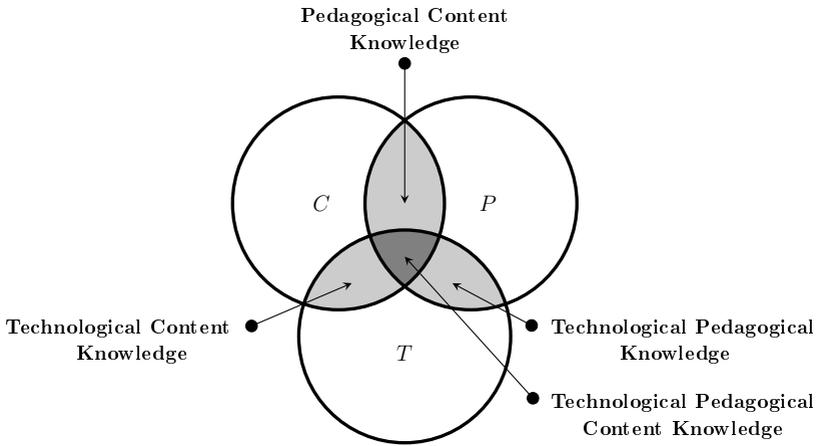


Figura 4: Conhecimento Pedagógico Tecnológico e do Conteúdo. Os três círculos, Conteúdo, Pedagogia e Tecnologia, interseam-se e originam quatro novos tipos de conhecimento interligados (Koehler & Mishra, 2005b).

um grupo de investigadores achou que TPACK seria mais fácil de pronunciar, visto que, esta nova sigla, não é apenas constituída por consoantes. Esta designação passou a ser amplamente aceite pela comunidade, pronunciando-se “tee-pack” (Thompson & Mishra, 2007). Além disso, estes autores argumentam que, mais importante do que facilitar a pronúncia, foi realçar a ideia de que as dimensões dos conhecimentos pedagógicos, tecnológicos e dos conteúdos específicos não devem ser vistos de forma isolada, mas sim

como um todo, formando um verdadeiro “pacote” o “Total PACKage”, com o objetivo de auxiliar os professores a utilizarem as tecnologias para enriquecimento da aprendizagem dos estudantes (Thompson & Mishra, 2007, p. 38).

O quadro conceptual TPACK assenta, então, na noção de que a integração da tecnologia num contexto educativo específico decorre de uma cuidadosa articulação entre os conteúdos, a pedagogia e o potencial da tecnologia. Esse quadro conceptual pretende identificar a natureza do conhecimento exigido pelos professores para a integração da tecnologia no seu ensino, abordando a natureza complexa, multifacetada e situada do conhecimento do professor. Segundo Mishra e Koehler (2006), a base deste quadro conceptual é o entendimento de que o ensino é uma atividade extremamente complexa que recorre a diversos tipos de conhecimentos influenciados por variáveis contextuais, como cultura, status socioeconómico e estruturas organizacionais (Harris, 2008). O principal objetivo destes autores, na definição deste novo quadro conceptual, foi, assim, descrever e compreender o papel da tecnologia na formação de pro-

fessores.

Na Figura 5 podemos observar a estrutura do quadro conceptual TPACK, que tem por base as três dimensões: conhecimento do conteúdo (CK), conhecimento pedagógico (PK) e conhecimento tecnológico (TK). Destas interseções resultam quatro novas dimensões: conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK), conhecimento pedagógico e tecnológico (TPK), conhecimento tecnológico do conteúdo e conhecimento tecnológico e pedagógico do conteúdo (TPACK).

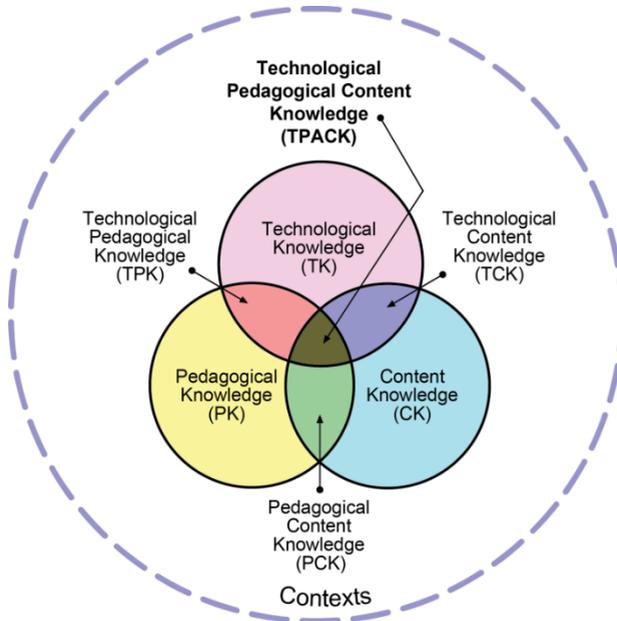


Figura 5: O quadro conceptual TPACK e as respetivas dimensões do conhecimento (Koehler & Mishra, 2009).

Estudos como o de Cox e Graham (2009) analisaram conceptualmente o quadro conceptual TPACK por forma a definir as fronteiras entre os diferentes tipos de conhecimentos e a facilitar o seu estudo na prática. Apresenta-se uma descrição das componentes individuais realizada por Cox e Graham (2009), que foram já uma revisão das definidas na literatura original de Mishra e Koehler (2006)¹:

¹As traduções das designações das dimensões do quadro concep-

- *Content Knowledge (CK)* – Conhecimento do Conteúdo – refere-se ao conhecimento do professor sobre o conteúdo a ser aprendido ou ensinado. O conhecimento do conteúdo tem uma grande importância para o professor. Nesta dimensão está englobado o conhecimento de conceitos, teorias, ideias, conhecimento de evidências e provas, bem como práticas e abordagens usadas para o desenvolvimento desse conhecimento. Os professores também deverão entender a natureza do conhecimento e da investigação nas diferentes áreas.

tual TPACK estão de acordo com as apresentadas em Maneira e Gomes (2017).

- *Pedagogical Knowledge (PK)* – Conhecimento Pedagógico – refere-se ao conhecimento dos professores sobre o processo e práticas ou métodos de ensino e de aprendizagem. Engloba, entre outras coisas, o conhecimento sobre a aprendizagem dos alunos, a avaliação, métodos de ensino, diferentes teorias educacionais e avaliação de aprendizagem para ensinar um conteúdo. Esta forma genérica de conhecimento aplica-se ao entendimento por parte dos professores de como os alunos aprendem, capacidades gerais de gestão de sala de aula e planeamento das aulas. Este conhecimento requer uma compreensão do desenvolvimento de teorias cognitivas e sociais de aprendizagem e de como elas se aplicam a estudantes na sala de aula.

- *Technology Knowledge (TK)* – Conhecimento Tecnológico – refere-se ao conhecimento sobre como usar *hardware* e *software* e periféricos associados. Incluiu o conhecimento de como instalar e remover dispositivos periféricos bem como instalar e remover software e criar, organizar e arquivar documentos. É também o conhecimento sobre algumas maneiras de pensar e trabalhar com tecnologia, ferramentas e recursos. Perceber o suficiente de tecnologia para aplicá-la de forma produtiva no trabalho e no quotidiano, podendo reconhecer quando a tecnologia pode ajudar ou impedir a consecução de um objetivo e ter a capacidade de se adaptar continuamente às mudanças a que as tecnologias estão sujeitas.

- *Pedagogical Content Knowledge (PCK)* – Conhecimento Pedagógico do Conteúdo – refere-se ao conhecimento relativo à transformação e interpretação do conhecimento do conteúdo, por parte do professor, em estratégias pedagógicas para tornar o conteúdo específico mais compreensível para os alunos. Esta transformação ocorre quando o professor interpreta o assunto e encontra múltiplas maneiras de representá-lo e adapta os materiais de ensino aos conceitos alternativos e ao conhecimento prévio dos alunos.

- *Technological Pedagogical Knowledge (TPK)* – Conhecimento Tecnológico Pedagógico – refere-se ao conhecimento do quanto determinadas tecnologias específicas podem modificar o entendimento de um determinado conteúdo pelo aluno. Isso implica entender que existem diversas tecnologias de acordo com determinada tarefa; esse conhecimento também consiste na capacidade de escolher uma ferramenta específica, elaborar estratégias pedagógicas para seu uso e também ter capacidade de aplicar essas estratégias.

- *Technological Content Knowledge (TCK)* – Conhecimento Tecnológico do Conteúdo – refere-se ao conhecimento relativo à forma de como a tecnologia e o conteúdo se influenciam e se restringem mutuamente. Os professores precisam dominar mais do que o assunto que ensinam; também devem ter uma compreensão profunda da maneira como o assunto pode ser alterado pela aplicação de tecnologias específicas. Os professores precisam de entender quais as tecnologias específicas que são mais adequadas para abordar a aprendizagem do conteúdo e como este determina ou mesmo muda a tecnologia, ou vice-versa.

- *Technology, Pedagogy, and Content Knowledge (TPACK)* – Conhecimento Tecnológico, Pedagógico e do Conteúdo – refere-se ao conhecimento subjacente ao ensino verdadeiramente significativo e profundamente qualificado com tecnologia, ou seja, o TPACK é conhecimento sobre:

1. a representação de conceitos usando tecnologias;
2. as técnicas pedagógicas que usam tecnologias de forma construtiva para ensinar o conteúdo;
3. o que torna os conceitos difíceis ou fáceis de aprender e como a tecnologia pode ajudar a corrigir algumas das dificuldades dos alunos;
4. o conhecimento prévio dos alunos e teorias da epistemologia;
5. o conhecimento de como as tecnologias podem ser usadas para construir o conhecimento existente e para desenvolver novas epistemologias ou fortalecer as antigas.

Em 2019, Mishra atualizou o quadro conceptual Figura 6

tendo criado a nova dimensão *Contextual Knowledge* (**XK**) – Conhecimento Contextual. Esta dimensão refere-se ao conhecimento sobre as organizações e contextos nos quais os professores trabalham, e.g.: condições para a integração adequada de recursos digitais.

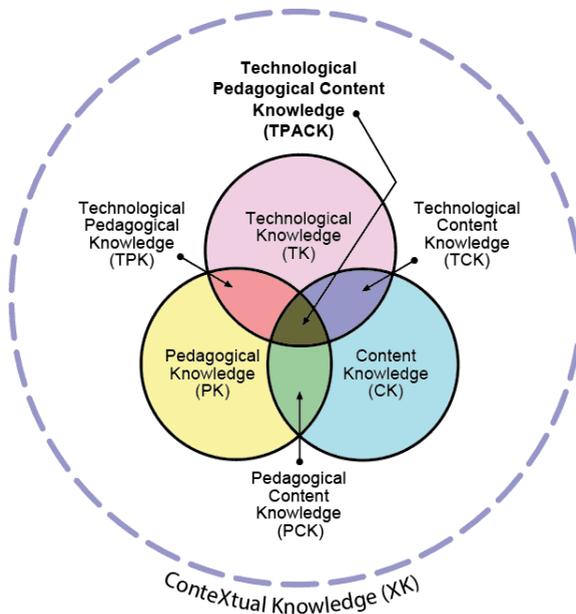


Figura 6: O quadro conceptual TPACK atualizado – introdução da dimensão XK (Mishra, 2019).

Um futuro professor, ou mesmo, um professor que pretenda integrar a tecnologia na sua prática educativa necessita,

portanto, de ser competente nessas sete componentes do quadro conceptual TPACK. Este quadro conceptual refere-se ao conhecimento do professor sobre o uso efetivo e eficiente da tecnologia para aumentar a eficácia e a qualidade da instrução em todo o processo de ensino de um conteúdo específico, que vai desde o planeamento até a avaliação (Kabakci & Çoklar, 2014, p. 364). Para Koehler et al. (2007, p. 743), a dimensão do conhecimento TPACK evidencia um saber que se diferencia do conhecimento de especialistas em tecnologia (informático), especialistas em disciplinas específicas (matemáticos, físicos, historiadores) e especialistas em educação (pedagogos). O quadro conceptual TPACK propõe que o professor possua a capacidade de representar conteúdos e conceitos utilizando a tecnologia, de conhecer estratégias pedagógicas que utilizam a tecnologia e de como utilizar a tecnologia para facilitar a compreensão de conceitos considerados difíceis pelos alunos (Andrade, 2018).

3 Adequação do quadro conceptual TPACK à Matemática

O quadro conceptual TPACK visa a integração contextualizada da tecnologia nos processos de ensino e de aprendizagem de forma genérica, sem procurar privilegiar qualquer disciplina do conhecimento. Uma vez que não está especificamente relacionado com o desenvolvimento do quadro conceptual M-TPACK, o Comité de Tecnologia da AMTE decidiu desenvolver um conjunto de descritores (Sampaio & Coutinho, 2012) de acordo com quatro temas principais: currículo e avaliação, aprendizagem, ensino e acesso, criando, assim, um modelo de desenvolvimento do TPACK do professor de matemática (Tabela 1). Esta descrição abrangente do quadro conceptual TPACK fornece construtos específicos e identificáveis do conhecimento do professor associados à dimensão do conhecimento TPACK, acompanhados de um modelo ou estrutura que fornece um contexto

para os diferentes construtos.

Através do acompanhamento feito às práticas de uma professora, cuja formação profissional tinha sido também baseada no uso da tecnologia no processo de ensino e de aprendizagem, Niess et al. (2009) descobriram que a integração da dimensão M-TPACK se desenvolvia em diferentes níveis. Apesar das normas do quadro conceptual M-TPACK definirem objetivos para a integração da tecnologia, estas normas não forneciam informação no modo como os professores adquiriam, de forma progressiva, o conhecimento para essa mesma integração, para um ensino apropriado da matemática. Esta constatação levantou questões importantes, tais como: “Como é que a dimensão do conhecimento TPACK se desenvolve?”; “Existe algum processo em que os professores adquirem um conhecimento M-TPACK?”; “Será que este conhecimento surge de forma espontânea nos professores durante as suas práticas?”. Perante estas questões, seria, portanto, necessário construir um quadro conceptual que mostrasse a progressão do conhecimento do quadro conceptual M-TPACK, da forma como os professores integram

a tecnologia no processo de ensino e de aprendizagem da matemática (Niess et al. 2009).

Niess et al. (2007) propuseram um quadro conceptual para o desenvolvimento do TPACK que foi uma adaptação do modelo do processo de decisão de uma inovação de Everett Rogers (1995). Rogers descreveu um processo sequencial de cinco etapas no qual uma pessoa toma uma decisão de aceitar ou rejeitar uma inovação. Niess et al. (2009) reformularam este processo para a aprendizagem da integração de uma dada tecnologia, por parte dos professores, no processo de ensino e de aprendizagem de um determinado conteúdo de matemática.

Tabela 1: Descritores de acordo com grandes temas do modelo de desenvolvimento do quadro conceptual M-TPACK, traduzido de Niess et al. (2009, p. 11) (citado em Sampaio & Coutinho, 2012).

Tema	Descritores
Currículo e avaliação	<ul style="list-style-type: none">● Currículo, o tratamento do assunto;● Avaliação, avaliando as aprendizagens dos alunos.
Aprendizagem	<ul style="list-style-type: none">● Foco no assunto (ou seja, a aprendizagem de tópicos de matemática);● Demonstração de conceções de como os alunos aprendem (ou seja, desenvolvimento de habilidades de raciocínio dos alunos).
Continua na página seguinte	

Tabela 1 – continuação da página anterior

Tema	Descritores
Ensino	<ul style="list-style-type: none">● Foco no assunto (ou seja, a aprendizagem de tópicos de matemática);● Abordagens educacionais;● O ambiente de sala de aula;● Desenvolvimento profissional.
Continua na página seguinte	

Tabela 1 – continuação da página anterior

Tema	Descritores
Acesso	<ul style="list-style-type: none">• Uso (se os alunos estão ou não autorizados a utilizar a tecnologia);• Barreiras (como os professores conduzem as barreiras à integração da tecnologia);• Disponibilidade (como a tecnologia faz com que os níveis mais elevados e a Matemática fiquem mais disponíveis para a investigação de um número maior e mais diverso de estudantes).

Durante 4 anos foram observados vários professores, na aprendizagem de como procederam para integrar uma dada ferramenta tecnológica nas suas aulas de matemática. Dessa análise constatou-se que os professores passaram por uma

progressão, ao longo deste processo de desenvolvimento, de cinco níveis, enquanto aprendiam a integrar uma determinada tecnologia no ensino e de aprendizagem da matemática:

- 1.º **Reconhecer (conhecimento)** – onde os professores são capazes de usar a tecnologia e reconhecer o alinhamento da mesma com o conteúdo da matemática, mas ainda não integram a tecnologia no ensino e na aprendizagem da matemática.
- 2.º **Aceitar (persuasão)** – onde os professores formam uma atitude favorável ou desfavorável para o ensino e a aprendizagem da matemática com uma tecnologia apropriada.
- 3.º **Adaptar (decisão)** – onde os professores se envolvem em atividades que conduzem a uma escolha para aprovar ou rejeitar o ensino e a aprendizagem da Matemática com uma tecnologia adequada.
- 4.º **Explorar (execução)** – onde os professores integram ativamente o ensino e a aprendizagem da ma-

temática com uma tecnologia apropriada.

- 5.º **Avançar (confirmação)** – onde os professores avaliam os resultados da decisão de integrar o ensino e a aprendizagem da matemática com uma tecnologia apropriada.

A fim de procurar fomentar a discussão em torno dos vários níveis TPACK, o Comité de Tecnologia da AMTE criou uma descrição visual (Figura 7) onde explanam os níveis em que os professores se envolvem à medida que desenvolvem os seus conhecimentos e entendimentos, na medida em que interligam os três conhecimentos de base - tecnologia, conteúdo e pedagogia. No lado esquerdo da Figura 7 destaca-se a dimensão PCK como a interseção da pedagogia com o conteúdo. À medida que o conhecimento da tecnologia se expande e se começa a cruzar com o conhecimento pedagógico e do conteúdo, a base do conhecimento do professor que emerge é o conhecimento descrito como TPACK – onde os professores se envolvem ativamente na orienta-

ção da aprendizagem de conteúdos matemáticos usando as tecnologias apropriadas.

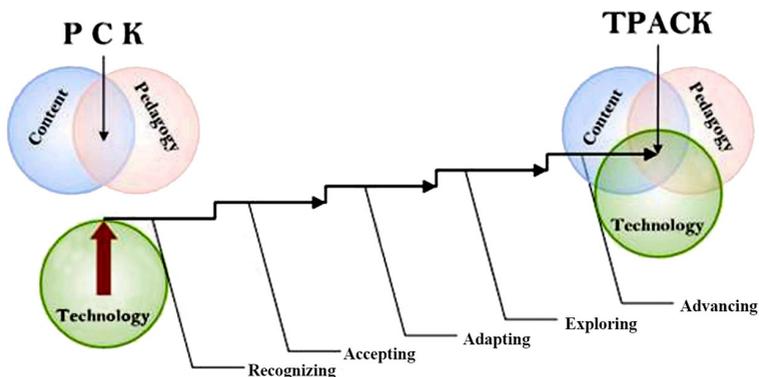


Figura 7: Descrição visual dos níveis de desenvolvimento da dimensão TPACK pelos professores (Niess et al., 2009, p. 10).

Um dado importante nesta progressão para a dimensão TPACK é que, embora pareça linear em relação a uma dada tecnologia, a transição de um nível para outro não é regular e crescente.

Tal como no processo de decisão de inovação de Rogers (1995), o surgimento de uma nova tecnologia requer que se repense a sua aceitação para se ensinar e aprender matemática. É preciso repensar tanto o conteúdo como as

pedagogias. Assim, estas etapas são propostas para mostrar mais do que um processo iterativo no desenvolvimento da dimensão TPACK. Alguns aspetos do que se aprende sobre o ensino de um tópico específico com uma tecnologia podem fornecer uma disposição para a aceitação de outra tecnologia, mas os professores muitas vezes desafiam uma integração que é diferente da forma como aprenderam conceitos matemáticos específicos (Niess et al., 2009).

Os temas, níveis e descritores fornecem detalhes estruturados para permitir que vários grupos usem o quadro conceptual de forma independente. Os cinco níveis (reconhecimento, aceitação, adaptação, exploração e avanço) expandem os temas do Currículo e Avaliação, Aprendizagem, Ensino e Acesso. Os descritores para cada nível fornecem um delineamento mais específico dos temas e dos níveis. Esta estrutura pode ser útil para os vários agentes ligados à educação, quer sejam professores ou formadores de professores, para orientar e avaliar o desenvolvimento de atividades e programas ligados à educação matemática escolar (Niess et al., 2009).

Este quadro conceptual também pode ser útil para os professores avaliarem o seu nível do conhecimento M-TPACK usando os descritores, planeando, desta forma, o seu desenvolvimento profissional em relação à tecnologia com o ensino da matemática. Para os formadores de professores estes níveis do conhecimento M-TAPCK podem ser úteis na avaliação e no planeamento da preparação dos seus alunos no que respeita a esse mesmo ensino com tecnologia. O quadro conceptual M-TPACK estabelece construtos e uma linguagem comum que ajudam os investigadores a ligar o seu trabalho ao de outros dentro de um contexto mais amplo.

O quadro conceptual M-TPACK e o seu correspondente modelo de desenvolvimento do quadro conceptual TPACK são modelos inacabados e em progressão devido à constante evolução e mudanças da tecnologia que vão sendo introduzidas no ensino da matemática. Como consequência é necessário, cada vez mais, uma investigação nas aulas de matemática que avaliem o ensino e a sua aprendizagem.

4 Estratégias para desenvolver o quadro conceptual TPACK

Embora exista bastante literatura sobre os diferentes níveis de desenvolvimento do quadro conceptual TPACK, ainda se discute como é que este se desenvolve de professor para professor.

Niess (2005) sugere que o desenvolvimento do TPACK envolve mudança de atitude, aquisição de competências tecnológicas e criação de ideias pedagógicas para a integração da tecnologia (Voogt et al., 2012). Archambault e Barnett (2010) referem a dificuldade de propor aplicações práticas de um referencial que ainda não está totalmente definido, enquanto Mouza e Karchmer-Kleinn (2013), mais do que usá-lo como um modelo de desenvolvimento profissional, sugerem usar o quadro conceptual TPACK como uma “lente conceitual” para estudar o desenvolvimento do professor sobre o conhecimento acerca da tecnologia, embora

“seja muito útil quando não é definido de forma isolada das estratégias para o desenvolver” (Harris et al., 2009, p. 402).

A qualidade e a quantidade de experiências feitas com futuros professores de integração da tecnologia, são consideradas cruciais para promover e desenvolver as diferentes dimensões do conhecimento do quadro conceptual TPACK (Agyei & Voogt, 2011; Tondeur et al., 2012), sendo que a formação inicial é um período crucial para observar e apoiar este desenvolvimento. Exemplo deste facto foi a investigação de Mouza et al. (2014) que observaram como cursos experimentais de práticas em sala de aula, com integração da tecnologia, permitem confrontar os futuros professores com as diferentes dimensões do quadro conceptual TPACK, promovendo o desenvolvimento do seu conhecimento TPACK, através das etapas de Niess (Angeli & Valanides de 2015; Koh & Divaharan, 2011).

Apresentamos, de seguida, diferentes estratégias, referenciadas em De Rossi e Trevisan (2018), para o desenvolvimento do quadro conceptual TPACK.

4.1 Focadas no *design*

A primeira linha estratégica para desenvolver o quadro conceptual TPACK entre os futuros professores é o envolvimento ativo em ciclos de *design*. Por exemplo, Koehler e Mishra (2005b) destacaram a importância de se proporcionar oportunidades de diálogo e interações nas quais as diferentes dimensões do quadro conceptual TPACK são desenvolvidas simultaneamente (Kramarski & Michalsky, 2010), enquanto Baran e Uygun (2016) sugeriram que o processo de *design*, especialmente se suportado pela reflexão, oferece oportunidades significativas para mostrar quase explicitamente como a tecnologia, a pedagogia, o conteúdo e os fatores do contexto se reforçam ou restringem mutuamente. Para além disso, Harris e Hofer (2009), considerando que um *design* de ensino assistido por tecnologia deve ser centrado no conteúdo, sensível ao contexto e baseado em atividades, propuseram uma taxonomia de tipos de atividades de aprendizagem (LAT - *Learning Activity Types*) combina-

das com diferentes opções tecnológicas, baseadas em formas de conhecimento implícitas. Este é um tipo de metodologia que tem como intenção construir e descrever planos de aprendizagem. Os autores envolveram futuros professores em tarefas de *design* relacionadas com LAT (atividades que podem ser grupos de discussão, encenações, visitas de estudo, entre outras) e, por meio de entrevistas e análises das produções, observaram que os participantes se tornaram mais conscientes das múltiplas opções disponíveis de atividades com a tecnologia e, portanto, tendo mais probabilidade de as incorporar nas suas práticas num *design* de ensino.

Chien et al. (2012) propuseram quatro etapas para auxiliar professores de ciências em interligar a tecnologia e um *design* de ensino, transformando futuros professores em *designers* ativos de ambientes de aprendizagem coadjuvados com tecnologia. Por meio da análise de tarefas de *design*, estes autores encontraram um crescimento significativo nos níveis de competências em tecnologia dos futuros professores e a capacidade de fazer análises críticas nas questões

pedagógicas.

Koehler e Mishra (2005a, 2005b) desenvolveram a abordagem *Learning Technology By Design*, destinada a incentivar os professores a desenvolver soluções tecnológicas para problemas pedagógicos autênticos (Mouza et al., 2014). No seu estudo entrevistaram os participantes que estavam envolvidos no *design* colaborativo tendo observado um desenvolvimento significativo nas dimensões do conhecimento relacionadas com o quadro conceptual TPACK, dentro de uma perspetiva integrativa.

Também, Koh e Chai (2014) mostraram que o envolvimento de futuros professores nos processos de *design* tem uma influência positiva nas perceções das dimensões TPK e TCK promovendo, de uma forma geral, a dimensão do conhecimento TPACK. Através de relatos dos próprios verificou-se que os participantes envolvidos no *design* de aulas baseado nas TIC aprofundaram as conexões entre as dimensões TPK, TCK e TPACK.

Uma limitação destes estudos é a sua forte contextualiza-

ção, pois vários deles são estudos de caso investigados com instrumentos qualitativos (Baran & Uygun, 2016). Esta metodologia exige uma validação mais alargada e uma replicação destes procedimentos de pesquisa para melhor se entenderem as abordagens mais úteis para o desenvolvimento de *designs* aprimorados com o uso de uma tecnologia eficaz, por forma a apoiar o desenvolvimento das várias dimensões do conhecimento do quadro conceptual TPACK, nos professores (Baran & Uygun, 2016; Mouza et al., 2014).

4.2 Focadas no conteúdo

Outros estudos focaram o desenvolvimento do quadro conceptual TPACK dentro de uma área disciplinar específica. Um exemplo é o já referido trabalho de Niess (2005), que investigou o desenvolvimento da dimensão TPACK em futuros professores de matemática, propondo normas e indicadores em quatro áreas: *design* e desenvolvimento de ambientes relacionados com a tecnologia; aplicação de estraté-

gias relacionadas com tecnologia para maximizar a aprendizagem do aluno; aplicação de tecnologia na avaliação e uso de tecnologia para melhorar a produtividade e as práticas dos professores (Voogt et al., 2012).

Khan (2011) trabalhou com professores de ciências e mostrou como a pedagogia e a tecnologia são usadas em conjunto para auxiliar alunos na aprendizagem da química, usando uma metodologia de estudo de caso.

Embora as investigações relacionadas com o quadro conceptual TPACK sejam mais em torno da área de ciências (Chai et al., 2013), Hammond e Manfra (2009) envolveram, no seu trabalho, professores de estudos sociais para promoverem a sua estratégia de ensino com tecnologia. A partir do conteúdo específico para ensinar (PCK), e só mais tarde considerando o uso da tecnologia, estes autores usaram o quadro conceptual do TPCK como uma linguagem comum para discutir a integração da tecnologia no ensino.

Estas investigações levantaram uma questão interessante sobre a definição de TPACK: enquanto Hammon e Manfra

(2009) consideraram o quadro conceptual TPACK não específico de uma área, mas sim uma ampla estratégia para estender o PCK ao uso de tecnologias, por outro lado, Jimoyannis (2010), Guerrero (2010) e outros consideram o quadro conceptual TPACK especificamente para uma determinada área. De facto, a definição teórica do quadro conceptual TPACK bem como as suas dimensões ainda continuam a ser discutidas, e a extensão das especificidades da disciplina em relação a uma definição mais abrangente do conhecimento do professor é uma linha interessante de investigação a ser desenvolvida.

4.3 Focadas na tecnologia

Outros estudos focam-se mais no lado tecnológico do desenvolvimento do quadro conceptual TPACK, sendo uma estratégia comum envolver os futuros professores em cursos de tecnologia (Mouza et al., 2014). Estes cursos, têm como objetivo promover a autoeficácia dos professores em compe-

tências tecnológicas, mas não parecem completamente decisivos no desenvolvimento da dimensão TPACK (Mouza et al., 2014).

Numa análise mais sistemática das três dimensões (tecnologia, pedagogia e conteúdo) Angeli e Valanides (2009, 2013) propuseram a abordagem do Mapeamento Tecnológico (*Technology mapping* - TM) para o desenvolvimento do quadro conceptual TPACK. Esta abordagem baseia-se nas potencialidades das ferramentas tecnológicas de mapeamento para alinhar o conhecimento do PCK dos alunos (professores) com o seu conhecimento sobre as TIC. A investigação discute as diretrizes de um *design* de ensino em relação à adoção do TM e relata as descobertas empíricas de um estudo com 72 professores do ensino básico no contexto de ensiná-los em como ensinar com a ferramenta Excel. Os resultados mostraram que o TM foi eficaz e eficiente no desenvolvimento de competências da dimensão do conhecimento TPACK; no entanto, o desenvolvimento deste conhecimento estava diretamente relacionado com a complexidade do *design* das tarefas pois esse fator era de-

terminado pelas potencialidades educacionais do *Excel*.

Koh e Divaharan (2011) e Niess (2005), partindo do pressuposto de que os professores precisam de se familiarizar com as TIC como utilizadores antes de estarem aptos a usá-las como professores, propuseram um modelo de ensino para o desenvolvimento do quadro conceptual TPACK, que engloba fomentar a aceitação e conhecimento técnico dos professores; modelação pedagógica; e aplicação pedagógica. Koh e Divaharan (2011) fizeram uma intervenção de ensino das TIC, junto de 74 futuros professores, baseados neste modelo. Foram feitas análises qualitativas das suas reflexões do curso, tendo-se constatado que desenvolveram predominantemente as dimensões TK e PCK. Concluíram que uma maior ênfase na modelação pedagógica focada no conteúdo e na partilha entre pares, pode desenvolver melhor as dimensões TCK e TPACK.

Embora estas abordagens tenham apresentado resultados interessantes, foram focadas em ferramentas tecnológicas específicas (*Excel* e quadros interativos, respetivamente),

destacando a necessidade de mais exemplos com diferentes ferramentas para se obter uma validação (De Rossi & Trevisan, 2018).

4.4 Focadas na organização de cursos

Uma outra estratégia para promover o desenvolvimento do quadro conceptual TPACK, é proporcionar e promover cursos de educação específicos, para futuros professores.

Mouza (2016) fez uma revisão da literatura existente e apontou três caminhos principais: cursos autónomos de educação tecnológica; estratégias de ensino incorporadas em cursos de tecnologia relacionados com a educação ou num conteúdo específico; e estratégias de ensino implementadas em todo o currículo de formação de professores, como as realizadas por Niess (2005), Hofer e Grandgenett (2012), ou Mouza et al., (2015). Através da revisão de vários estudos qualitativos, Tondeur et al. (2012) analisaram e avaliaram estratégias para preparar futuros professores na in-

tegração da tecnologia nas suas práticas. Os resultados foram divididos em duas partes: (1) temas-chave explicitamente relacionados com a preparação de futuros professores (e.g., o uso de professores no ativo como modelos, aprendizagem de tecnologia através de *design*, experiências com o uso de tecnologia de uma forma gradual) e (2) condições necessárias ao nível institucional para a implementação de programas (e.g., cooperação dentro e entre instituições, formação de pessoal). Para apresentar o modo como estes temas-chave se relacionam, e como resultado do estudo, foi desenvolvido um modelo específico e abrangente (Figura 8) para preparar futuros professores para o uso de tecnologia. De Rossi e Trevisan (2018) consideram este modelo bastante interessante para investigar e avaliar a qualidade dos programas de ensino superior para o desenvolvimento do quadro conceptual TPACK dos professores no ativo.

Tondeur et al. (2017b) exploraram como os professores, em início de carreira, integravam as tecnologias nas suas práticas e ainda as conexões entre o uso da tecnologia e os seus



Figura 8: Modelo proposto por Tondeur et al. (2012, p. 141) para preparar futuros professores para o uso de tecnologia.

programas da formação inicial. Os dados deste estudo foram recolhidos através de extensas entrevistas. Os resultados revelaram que todos estes professores usaram uma ampla gama de aplicações tecnológicas, principalmente para abordagens de aprendizagens estruturadas, enquanto poucos criaram oportunidades para um uso da tecnologia centrada no aluno. Além disso, foram identificadas experi-

ências de aprendizagem na formação inicial, que tiveram impacto no uso da tecnologia destes professores.

Apesar dos professores dos futuros professores serem preponderantes para que estes integrem a tecnologia nas suas futuras práticas, as experiências em sala de aula parecem ser o fator que mais influencia a sua futura docência. Com base nos resultados deste estudo, são discutidas recomendações sobre como preparar e dar suporte aos professores em início de carreira para a integração da tecnologia. No entanto, a principal questão emergente parece ser a falta de relação entre o que estes professores aprenderam na sua formação inicial e o que é necessário para a sua progressão no uso da tecnologia em sala de aula. Portanto, os autores recomendam às instituições de formação de professores, um apoio ativo aos futuros professores para promoverem a articulação entre a tecnologia, a pedagogia e o conhecimento do conteúdo nas suas práticas.

5 Instrumentos de avaliação do quadro conceptual TPACK

Existem ainda algumas dificuldades no que respeita aos instrumentos usados para a avaliação do quadro conceptual TPACK (Valtonen et al., 2017). Os instrumentos têm-se baseado em três estratégias: autoavaliação por questionário, observação e avaliação do desempenho e entrevistas.

5.1 O método de autoavaliação por questionário

Um dos instrumentos mais usados é o método por autoavaliação através de questionários. Alguns dos estudos existentes examinaram a mudança nas perceções das diferentes dimensões do conhecimento do quadro conceptual TPACK dos professores, antes e depois da frequência de cursos de

formação específicos de integração das TIC.

Papanastasiou e Angeli (2008), utilizando a metodologia do *design-based research* (DBR), criaram um inquérito para examinar quais os fatores que podem impedir os esforços dos professores para ensinar com tecnologia. O inquérito, cuja confiabilidade foi considerada suficientemente alta, considerou seis fatores principais: (a) conhecimento de ferramentas tecnológicas; (b) frequência de uso de tecnologia pessoal; (c) frequência de uso de tecnologia educacional; (d) atitudes em relação a tecnologia; (e) autoconfiança no uso de tecnologia instrucional e (f) clima escolar.

Um dos estudos, usando questionários, mais citados pela literatura e dos primeiros a ser construído foi o de Schmidt et al. (2009) onde fizeram sentir a necessidade de existir um instrumento válido para avaliar os diferentes conhecimentos das dimensões do quadro conceptual TPACK em futuros professores. Este foi um modelo validado com sete fatores de análise, dividido em diferentes áreas do conhecimento e que foi considerado bastante útil na deteção do

nível e das dimensões do quadro conceptual TPACK dos professores. Assim, descreveram a construção de um instrumento de pesquisa para avaliar as diferentes dimensões do conhecimento do quadro conceptual TPACK em 124 futuros professores, dos Estados Unidos da América. Os resultados sugeriram que, com a modificação e/ou supressão de 18 dos itens do questionário este revelou-se um instrumento fiável e válido que ajuda os investigadores a conceber estudos longitudinais para avaliar o desenvolvimento das dimensões do TPACK nos (futuros) professores. Adaptações deste quadro conceptual de Schmidt et al. (2009) podem ser encontradas no estudo de Chai et al. (2010), cujos resultados indicam que a validade do construto para as sete dimensões do TPACK, se consideradas como um todo, mostra-se problemática.

Sampaio e Coutinho (2012), tendo por base o trabalho de Schmidt et al. (2009), desenvolveram e validaram um questionário sobre o Conhecimento Tecnológico e Pedagógico de Conteúdo Matemático (M-TAPCK) em língua portuguesa, com o propósito de este permitir avaliar os diferentes tipos

de conhecimento associados ao M-TPACK. O estudo teve a participação de 284 professores de matemática do ensino público de Portugal continental. Dos 42 itens iniciais propostos, obteve-se uma versão final do questionário com 31 itens, chegando-se à conclusão que este é um instrumento válido e confiável para professores, sobre o M-TPACK.

Também o questionário proposto por Yilmaz-Ozden et al. (2016), *Conhecimento para Ensinar um Currículo Baseado na Tecnologia*, é considerado válido e confiável, existindo casos em que a sua implementação é considerada útil, nomeadamente quando se considera o quadro conceptual do TPACK numa perspetiva transformadora.

Martins et al. (2017), fazendo uma adaptação ao questionário proposto por Sampaio e Coutinho (2012), apresentaram um instrumento para avaliar a perceção, de futuros professores, das diferentes dimensões do quadro conceptual do M-TPACK.

Archambault e Barnett (2010), utilizando a metodologia DBR, propuseram um questionário com 24 itens para ava-

liar cada uma das sete dimensões do quadro conceptual do TPACK, através do uso de uma análise fatorial. Foram analisadas 596 respostas de professores dos Estados Unidos da América, chegando-se à conclusão que embora a estrutura seja útil do ponto de vista organizacional, é difícil separar cada um dos domínios, colocando em questão a exequibilidade na prática. Tornaram-se evidentes três fatores principais, mas em vez de serem compostos por pedagogia, conteúdo e tecnologia, o único domínio claro que se distinguiu foi o da tecnologia. Este questionário examina a validade do quadro conceptual do TPACK e sugere que medir cada um desses domínios é complicado e complexo, essencialmente devido à noção de que eles não estão separados.

A mesma conclusão foi tirada por Lee e Tsai (2010) com o seu estudo em que é disponibilizada uma estrutura para a compreensão do quadro conceptual TPACK com uma aprendizagem baseada na *internet* na prática pedagógica de um professor. O objetivo principal deste estudo foi investigar a autoeficácia da perceção dos professores em termos

do seu conhecimento das dimensões do quadro conceptual TPACK e avaliar as suas atitudes em relação ao ensino baseado na *internet*. Foi desenvolvido e implementado um questionário (Conhecimento Tecnológico, Pedagógico e do Conteúdo da *Web*, TPACK-W) a 558 professores do ensino básico, em Taiwan. Os resultados indicaram uma falta de conhecimento geral sobre a pedagogia relacionada com a *web*. As correlações entre a autoeficácia dos professores em termos do seu conhecimento relativo à dimensão TPACK-W, as suas atitudes em relação ao ensino baseada na *web* e suas variáveis básicas também foram analisadas. Foram encontradas correlações entre a autoeficácia e atitudes positivas para o ensino baseado neste tipo de tecnologia. Descobriu-se que os professores mais velhos e mais experientes tinham níveis mais baixos de autoeficácia em relação à dimensão do TPACK-W, embora os professores com mais experiência de uso da *web* (inclusive para o ensino) tivessem níveis mais altos de autoeficácia em relação à dimensão TPACK-W.

Vários destes instrumentos apresentam evidências de que

os professores poderão não estar a considerar as diferentes dimensões do conhecimento do modelo como áreas distintas que, em teoria são, embora, na prática, elas se interessem (Chai et al., 2010; Chai et al., 2016; Cox & Graham, 2009; Mouza, 2016). A lacuna entre as definições teóricas e o que se mede na prática exige uma reflexão mais aprofundada sobre o quadro conceptual TPACK (De Rossi & Trevisan, 2018).

Outros questionários trataram de interpretações específicas da estrutura do TPACK, como o estudo de Hsu, Liang, Chai, e Tsai (2013) sobre o quadro conceptual TPACK baseado em jogos educacionais, ou o de Krauskopf et al. (2012) com o uso de vídeos didáticos.

É também de referir o estudo de Jang e Tsai (2012) que, utilizando a metodologia DBR, desenvolveram um questionário baseado no IWB-TPACK (TPACK, baseado numa aprendizagem com quadros interativos). Os resultados indicaram que houve diferenças significativas na dimensão TPACK de professores do ensino básico que usaram qua-

dros interativos em comparação com professores que não usaram. Além disso, os professores de ciências demonstraram uma dimensão do conhecimento TPACK significativamente superior em relação aos professores de matemática elementar. Não foi encontrada nenhuma diferença significativa nos professores de acordo com o género. Os resultados também mostraram que a dimensão do conhecimento TPACK dos professores diferiu significativamente com base nos diferentes anos de experiência de ensino dos professores. Os professores que tinham mais anos de experiência de ensino demonstraram uma dimensão do conhecimento do TPACK significativamente maior do que os professores que tinham menos anos de experiência de ensino.

Bhatia e Chugh (2015) desenvolveram um questionário, devidamente validado, para estudar a perceção de futuros professores sobre a integração da tecnologia nas suas práticas. Esta ferramenta foi adaptada do estudo desenvolvido por Koehler e Mishra (2009) tendo-lhe sido acrescentados alguns itens relacionados com as TIC que, segundo a literatura, contribuem para um melhor desempenho do aluno.

O questionário inclui, assim, 8 níveis, sete dos quais versando as dimensões do conhecimento do quadro conceptual TPACK e outro nível envolvendo o contributo das TIC no desempenho dos alunos. Os autores concluíram que, este questionário é um contributo para ser possível estudar a perceção de (futuros) professores e fazer com que haja a mudança desejada no que respeita a uma adequada integração da tecnologia nas suas aulas. Este instrumento pode ser usado para obter mais informações sobre os conhecimentos e crenças dos professores acerca da tecnologia e também para melhorar os programas de formação e o desenvolvimento profissional destes.

Mais recentemente, Valtonen et al. (2017) introduziram um novo instrumento de avaliação, também em forma de questionário, baseado nas competências do século XXI. Estes autores sentiram a necessidade de construir um instrumento que estivesse de acordo com as competências necessárias para este século e que se desse mais ênfase às questões pedagógicas, incluindo as práticas pedagógicas colaborativas. Valtonen et al. (2017) assumiram que o quadro con-

ceptual TPACK, quando alinhado com estas competências, fornece uma estrutura abrangente para estudar e apoiar o desenvolvimento da dimensão TPACK dos professores na formação.

5.2 Os métodos por observação e avaliação de desempenho e das entrevistas

Outras estratégias usadas para a avaliação do quadro TPACK é através da observação e avaliação do desempenho bem como das entrevistas.

Koehler e Mishra (2005b) foram dos primeiros a usar este método, tendo utilizado a metodologia estudo de caso, para estudarem e avaliarem, através da análise de atividades especificamente desenhadas, a evolução da aprendizagem e percepções dos participantes sobre: o ambiente de aprendizagem; o conhecimento de tecnologia; o conteúdo do curso e o desenvolvimento da dimensão TPACK (Mishra & Ko-

ehler, 2006).

Um dos instrumentos mais utilizados para avaliar o desempenho são as grelhas de critérios de análise. Britten e Cassady (2005) propuseram um instrumento de avaliação de integração da tecnologia (*Technology Integration Assessment Instrument* - TIAI) com o objetivo de avaliar a integração da tecnologia (computadores) em planos de aula. O TIAI explora sete dimensões do planeamento com especial atenção aos níveis de integração da tecnologia. Com a aplicação repetida deste instrumento, estes autores esperavam promover a capacidade dos professores em acompanhar o seu próprio crescimento, bem como fornecer um método padrão para fazer registos da aplicação das tecnologias educacionais que são mais centradas no aluno e daquelas que detêm o potencial de alterar a eficácia do ensino e o sucesso da aprendizagem. Este instrumento foi mais tarde adaptado por Harris et al. (2010) que criaram o instrumento ao qual denominaram por *TPACK-based Technology Integration Assessment Rubric* (TIAR). Este instrumento foi usado num estudo longitudinal em futuros professores

envolvendo a avaliação dos seus planos de aula em relação às dimensões do conhecimento TPK, TCK e TPACK (Hofer & Grandgenett, 2012; Mouza, 2016).

Harris et al. (2010) também adaptaram esta grelha com critérios de análise para desenvolver o instrumento de observação e integração da tecnologia, que foi considerado válido e confiável na avaliação do quadro conceptual TPACK em contextos de formação de professores (Harris et al., 2010).

A avaliação de modelos de *design* de sistemas de ensino esteve no centro do estudo desenvolvido por Angeli e Valanides (2005) que, utilizando a metodologia DBR, avaliaram a evolução de um modelo de *design* de sistemas de ensino (DSI) baseado numa visão expandida do conceito da dimensão do conhecimento do conteúdo pedagógico (PCK) de Shulman (1986). O modelo DSI proposto pode ser usado em cursos de tecnologia educacional, cursos de formação de professores e cursos de desenvolvimento profissional de professores para desenvolver o conhecimento PCK relacionado às TIC. Com base nos resultados do estudo, concluiu-se

que são necessários esforços mais sistemáticos para envolver futuros professores em atividades de projeto ricos em tecnologia, por forma a que possam desenvolver adequadamente todos os aspetos do PCK relacionado com as TIC. Por fim, este estudo fornece dados de base que podem ser usados para fins de comparação noutros estudos futuros e que podem ser conduzidos para validar ou modificar o modelo DSI sugerido.

Koh (2013) propôs uma grelha de critérios de análise destacando como a aprendizagem significativa de um determinado assunto necessita de um apoio adequado das TIC, em cada uma das dimensões do conhecimento, tendo considerado ainda as dimensões de conhecimento de Harris e Hofer (2009, 2011).

Num outro estudo, Chai et al. (2010) reformularam essa grelha para ajudar na transição dos professores para a integração das TIC orientada para o construtivismo.

Finalmente, Mishra et al. (2007), utilizando uma metodologia de estudo de caso, usaram entrevistas para observar

as formas como professores do ensino superior integravam as novas tecnologias em interligação com o conteúdo, nas suas práticas pedagógicas. Foram encontradas evidências de raciocínio complexo e consciente entre os docentes sobre as interligações entre os domínios de conteúdo, pedagogia e tecnologia.

Na mesma linha, Williams et al. (2010) e Jaipal e Figg (2010) tentaram mapear os domínios do quadro conceptual TPACK por meio de entrevistas, entre professores do ensino superior e futuros professores. Outro exemplo de um estudo em que foi utilizada a estratégia da entrevista, com uma metodologia de estudo de caso, pode ser encontrado no trabalho de Özgün-Koca (2009) com futuros professores de matemática, onde foram abordadas as suas crenças sobre vantagens e desvantagens sobre o uso de calculadoras gráficas para ensinar determinados conteúdos específicos.

Esta revisão de estudos, em que foi usada a estratégia de observação e avaliação de desempenho e de entrevistas, usa instrumentos válidos para examinar o uso significativo de

tecnologia nas práticas de ensino (Archambault, 2016), mas mantem fortes limites contextuais que impede a generalização dos resultados, exigindo, por isso, investigações adicionais sobre o uso do quadro conceptual TPACK em diferentes ambientes de aprendizagem e áreas de conteúdo (Archambault, 2016; Koh, 2013).

Sabe-se, pela literatura existente, que as percepções dos futuros professores influenciam acentuadamente as suas decisões de ensino e a prática da sala de aula (Pajares, 1992; Richardson, 2003). Alguns dos estudos existentes examinaram a mudança nas percepções das diferentes dimensões do conhecimento do quadro conceptual TPACK dos professores, antes e depois da frequência de cursos de formação específicos de integração das TIC.

Abbitt (2011) aplicou um questionário a 45 futuros professores antes e após a frequência de um destes cursos. Este grupo de professores frequentou um curso semestral onde aprenderam a ter mais destreza com a tecnologia e estratégias para a integração das TIC. Constatou-se uma mudança

ao longo do tempo entre as dimensões do conhecimento do quadro conceptual TPACK e na sua perceção sendo que a maior diferença, neste campo, se verificou nas dimensões do PCK, TCK e TPACK.

Lee e Tsai (2010) estudaram as perceções das dimensões do quadro conceptual TPACK, de professores em serviço de Taiwan, para usar a tecnologia, tendo concluído que os professores mais velhos eram os menos confiantes.

Lin et al. (2013) exploraram, através de um questionário, a perceção das sete dimensões do conhecimento do quadro conceptual TPACK de 222 futuros professores de Ciências de Singapura, onde abordaram as suas perceções sobre as possibilidades de integração da tecnologia no ensino. Os resultados mostraram que a perceção da dimensão TPACK, dos futuros professores, está significativa e positivamente correlacionada com as outras dimensões do modelo. Este trabalho analisou ainda as relações existentes entre a perceção das dimensões do quadro conceptual TPACK destes professores e outras características, tais como a experiência

de ensino, o sexo e a idade. Houve evidências nos resultados que indicaram que os professores do sexo feminino têm uma maior percepção na autoconfiança no que respeita ao seu conhecimento pedagógico, mas uma menor percepção na autoconfiança do conhecimento tecnológico, em relação aos professores do sexo masculino. Além disso, as percepções dos professores do sexo feminino em relação às dimensões TK, TPK, TCK e TPACK estão significativamente correlacionados e de forma negativa com a sua idade.

6 Conclusões

Vários estudos têm vindo a mostrar que os futuros professores e mesmo os professores no ativo usam a tecnologia de forma inadequada (Hosseini & Kamal, 2013; Tondeur et al., 2012; Tondeur et al., 2017b). Investigações relacionadas com o uso da tecnologia revelam que os professores têm falta de conhecimento sobre como podem efetivamente integrar a tecnologia no ensino e os seus esforços são limitados no que respeita ao conteúdo, variedade e profundidade (Koehler et al., 2014) havendo pouca ou nenhuma disponibilidade para a aprendizagem profissional do professor (Hunter, 2015).

O desenvolvimento profissional dos futuros professores deve proporcionar, no caso da tecnologia, experiências que não se foquem apenas nas ferramentas em si, mas no modo como estas irão ser usadas no contexto de sala de aula (Koehler & Mishra, 2009; Koh & Chai, 2014; Mishra & Koehler, 2006; Tsai et al., 2016).

Nas últimas duas décadas, vários investigadores têm vindo a debruçar-se sobre modos eficazes de integração da tecnologia nas práticas letivas. Foram desenvolvidas estruturas semelhantes, umas independentes do quadro conceptual TPACK e outras resultantes diretamente do mesmo, mas a maioria baseada no quadro conceptual de Shulman: *ICT – Related Pedagogical Content Knowledge* (ICT-Related PCK) (Angeli & Valanides, 2005); *Knowledge of Educational Technology* (Margerum-Lays & Marx, 2003); *Technological Content Knowledge* (Slough & Connell, 2006); *Electronic Pedagogical Content Knowledge* (ePCK) (Franklin, 2004); e *Technological Pedagogical Content Knowledge – Web* (TPCK-W) (Lee & Tsai, 2010).

Todos estes quadros conceptuais foram desenvolvidos para explicar e entender o uso da tecnologia por parte dos professores. Embora estas abordagens alternativas ao quadro conceptual TPACK usem diferentes designações, todas têm em comum o facto de exigirem aos professores que possuam conhecimentos que conectem os recursos (e restrições) dessas novas tecnologias ao conteúdo e à pedagogia.

De entre todos os quadros conceptuais referidos, o quadro conceptual TPACK tem sido o mais usado nas abordagens e investigações, sendo referenciado em mais de seis centenas de artigos da especialidade (Koehler et al., 2014). Atualmente esta grandeza já foi, naturalmente, ultrapassada. Hunter (2015) refere que poucos quadros conceptuais tiveram um impacto tão grande e útil, na educação, como o TPACK. Este fornece, aos professores, um idioma para falar sobre a prática letiva, tendo havido poucos modelos, nos últimos tempos, que tenham gerado centenas de estudos, que resultaram em milhares de artigos de revistas, alguns livros e várias centenas de dissertações (Hunter, 2015). Assim, o quadro conceptual TPACK, tornou-se num dos mais importantes referenciais teóricos para a investigação acerca da integração de tecnologia no ensino em todo o mundo (Voogt et al., 2012; Koehler et al., 2013; Wu, 2017).

O principal contributo deste quadro conceptual tem sido na área de formação e desenvolvimento profissional de professores (Koehler et al., 2012) sendo já vários os programas de formação de professores que foram delineados tendo por

base este modelo (Agyei & Voogt, 2014; Kabakci & Çoklar, 2014; Kartal & Afacan, 2017; Niess, 2005; Niess et al., 2007; Lee et al., 2006; Polly & Orrill, 2016; Shoffner, 2007; Burns, 2007).

A literatura alega que a utilização de ferramentas interativas e dinâmicas melhora a compreensão do conhecimento do conteúdo (Koparan, 2016; Zengin & Tatar, 2015) e desenvolve atitudes positivas em relação ao uso da tecnologia nas suas futuras práticas (Halat & Peker, 2011; Koparan, 2016; Zengin & Tatar, 2015) em futuros professores de matemática. Para Huang e Zbiek (2017) ainda muito permanece desconhecido sobre como desenvolver e implementar materiais e iniciativas para ajudar futuros professores de matemática a desenvolver e a aplicar o conhecimento. Estes autores referem ainda que, preparar futuros professores para ensinar matemática com tecnologia, é um esforço importante e uma área de investigação emergente que precisa de estudos sistemáticos e um esforço global para desenvolver um “corpo coeso” na literatura.

Referências

- Abbitt, J. (2011). An investigation of the relationship between self-efficacy beliefs about technology integration and technological pedagogical content knowledge (TPACK) among preservice teachers. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 27(4), 134-143. <http://10.1080/21532974.2011.10784670>
- Agyei, D. D., & Voogt, J. M. (2011). Exploring the potential of the will, skill, tool model in Ghana: predicting prospective and practicing teachers' use of technology. *Computers & Education*, 56(1), 91-100 <http://10.1016/j.compedu.2010.08.017>
- Agyei, D. D., & Voogt, J. M. (2014). Pre-service mathematics teachers' learning and teaching of activity-based lessons supported with spreadsheets. *Technology, Pedagogy and Education* [online], 1-21.
- Andrade, M. J. P. (2018). *Desenvolvimento e avaliação de um modelo de formação em blended learning baseado na Teoria da Flexibilidade Cognitiva (TFC) para o desenvolvimento do TPACK na formação inicial de professores* (Tese de Doutorado, Instituto de Educação, Universidade do Minho). <http://repositorium.sdum.uminho.pt>
- Angeli, C., & Valanides, N. (2009). Epistemological and methodological issues for the conceptualization, development and assessment of ICT TPCK: Advances in Technological Pedagogical Content Knowledge. *Computers & Education*, 52(1), 154-168. <http://10.1016/j.compedu.2008.07.006>
- Angeli, C., & Valanides, N. (2013). Technology mapping: an approach for developing technological pedagogical content knowledge. *Journal of Educational Computing Research*, 48(2), 199-221. <http://10.2190/EC.48.2.e>

-
- Angeli, C., & Valanides, N. (Eds.) (2015). *Technological pedagogical content knowledge. Exploring developing, and assessing TPCK*. Springer.
- Association of Mathematics Teacher Educators [AMTE]. (2006). Preparing teachers to use technology to enhance the learning of mathematics. <http://www.amte.net/>
- Archambault, L. (2016). Exploring the use of qualitative methods to examine TPACK. In M. C. Herring, M. J. Koehler & P. Mishra (Eds.), *Handbook of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) for Educators, 2nd Edition* (pp. 65-86). Routledge.
- Archambault, L., & Barnett, J. (2010). Revisiting technological pedagogical content knowledge: exploring the TPACK framework. *Computers & Education*, 55(4), 1656-1662. <http://10.1016/j.compedu.2010.07.009>
- Baran, E., & Uygun, E. (2016). Putting technological, pedagogical, and content knowledge (TPACK) in action: An integrated TPACK-design-based learning (DBL) approach. *Australasian Journal of Educational Technology*, 32(2), 47-63. <http://10.14742/ajet.2551>
- Bhatia, H., & Chugh, A. (2015, fevereiro). *Development of a Tool to Measure the Perception of Technology Integration by Teachers*. International Education Conference 2015 Learning Technologies in Education. www.jmi.ac.in/upload/EventDetail/iec2015/IEC2015_SelectedPapers.pdf
- Boears Van Oosterum (1990). *Understanding of variables and their uses acquired by students in traditional and computer intensive Algebra*. (Doctoral dissertation, University of Maryland College Park).
- Britten, J., & Cassady, J. (2005). The technology integration assessment instrument: Understanding planned use of technology by classroom teachers. *Computers in the Schools*, 22(3), 49-61. http://10.1300/J025v22n03_05
-

-
- Burns, K. (2007, March). Technology, content and pedagogy: United in pre-service teacher instruction. In *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (pp. 2177-2179). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Chai, C., Deng, F., Tsai, P., Koh, J., & Tsai, C. (2015). Assessing multidimensional students' perceptions of twenty-first-century learning practices. *Asia Pacific Education Review*, 16(3), 389-398. <http://10.1007/s12564-015-9379-4>
- Chai, C., Koh, J., & Tsai, C. (2010). Facilitating preservice teachers' development of Technological, Pedagogical, and Content Knowledge (TPACK). *Educational Technology & Society*, 13(4), 63-73.
- Chai, C., Koh, J., & Tsai, C. (2013). A review of technological pedagogical content knowledge. *Educational Technology & Society*, 16(2), 31-51.
- Chai, C., Koh, J., & Tsai, C. (2016). A review of the quantitative measures of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK). In M. C. Herring, M. J. Koehler, & P. Mishra (Eds.), *Handbook of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) for Educators, 2nd Edition* (pp. 87-106). Routledge.
- Chien, Y., Chang, C., Yeh, T., & Chang, K. (2012). Engaging pre-service science teachers to act as active designers of technology integration: A MAGDAIRE framework. *Teaching and Teacher Education*, 28(4), 578-588 <http://10.1016/j.tate.2011.12.005>
- Cox, S., & Graham, C. (2009). Diagramming TPACK in practice: Using an elaborated model of the TPACK framework to analyze and depict teacher knowledge. *TechTrends*, 53(5), 60-69. <http://10.1007/s11528-009-0327-1>
- De Rossi, M., & Trevisan, O. (2018). Technological pedagogical con-
-

- tent knowledge in the literature: how TPCK is defined and implemented in initial teacher education. *Italian Journal of Educational Technology*, 26(1), 7-23. <http://10.17471/2499-4324/988>
- Dunham, P., & Dick, T. (1994). Research on graphing calculators. *The Mathematics Teacher*, 87(6), 440-445.
- Earle, R.(2002). The integration of instructional technology into public education: Promises and challenges. *ET Magazine*, 42(1), 5-13.
- Ertmer, P. (2005). Teacher pedagogical beliefs: The final frontier in our quest for technology integration?. *Educational technology research and development*, 53(4), 25-39.
- Ertmer, P., & Ottenbreit-Leftwich, A. (2010). Teacher technology change: How knowledge, confidence, beliefs, and culture intersect. *Journal of research on Technology in Education*, 42(3), 255-284.
- Franklin, C. (2004). Teacher preparation as a critical factor in elementary teachers: Use of computers. In *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (pp. 4994-4999). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Grossman, P. (1989). A study in contrast: Sources of pedagogical content knowledge for secondary English. *Journal of Teacher Education*, 40(5), 24-31.
- Grossman, P. (1991). Overcoming the apprenticeship of observation in teacher education coursework. *Teaching and Teacher Education*, 7, 245-257.
- Groves, S. (1994). Calculators: A learning environment to promote number sense. Paper presented at the American Educational Association Research Association 1994 Annual Meeting, New Orleans.
- Guerrero, S. (2010). Technological pedagogical content knowledge in

- the mathematics classroom. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 26(4), 132-139. <http://10.1080/10402454.2010.10784646>
- Halat, E., & Peker, M. (2011). The Impacts of Mathematical Representations Developed through Webquest and Spreadsheet Activities on the Motivation of Pre-Service Elementary School Teachers. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, 10(2), 259-267.
- Hammond, T., & Manfra, M. (2009). Giving, prompting, making: Aligning technology and pedagogy within TPACK for social studies instruction. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(2), 160-185.
- Hare, S., Howard, E., & Pope, M. (2002). Technology integration: Closing the gap between what preservice teachers are taught to do and what they can do. *Journal of technology and teacher education*, 10(2), 191-203.
- Harris, J. (2008). TPACK in in-service education: Assisting experienced teachers' "planned improvisations". *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPCK) for educators*, 251-271.
- Harris, J., Grandgenett, N., & Hofer, M. (2010). Testing a TPACK-based technology integration assessment rubric. In C.D. Maddux, D. Gibson & B. Dodge (Eds.), *Research highlights in technology and teacher education 2010* (pp. 323-331). Society for information Technology in Teacher Education.
- Harris, J., & Hofer, M. (2009). Instructional planning activity-types as vehicles for curriculum-based TPACK development. In C. D. Maddux (Ed.), *Research highlights in technology and teacher education* (pp. 99-108). Society for Information Technology.
- Harris, J., & Hofer, M. (2011). Technological pedagogical content

-
- knowledge (TPACK) in action: A descriptive study of secondary teachers' curriculum-based, technology-related instructional planning. *Journal of Research on Technology in Education*, 43(3), 211-229. <http://10.1080/15391523.2011.10782570>
- Harris, J., Mishra, P., & Koehler, M. (2009). Teachers' technological pedagogical content knowledge and learning activity types: Curriculum-based technology integration reframed. *Journal of research on technology in education*, 41(4), 393-416.
- Hofer, M., & Grandgenett, N. (2012). TPACK development in teacher education: A longitudinal study of pre-service teachers in a secondary M.A.Ed. Program. *Journal of Research on Technology in Education*, 45(1), 83-106. <http://10.1080/15391523.2012.10782598>
- Hosseini, Z., & Kamal, A. (2013). A survey on preservice and in-service on teachers' perceptions of technological pedagogical content knowledge (TPACK). *The Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 1(2), 1-7.
- Hsu, C., Liang, J., Chai, C., & Tsai, C. (2013). Exploring preschool teachers' technological pedagogical content knowledge of educational games. *Journal of Educational Computing Research*, 49, 461-479. <http://10.2190/EC.49.4.c>.
- Huang, R., & Zbiek, R. (2017). Prospective secondary mathematics teacher preparation and technology. In M. E. Strutchens, R. Huang, L. Losano, D. Potari, J. P. Ponte, M. C. Cyrino, and R. M. Zbiek (Eds.), *The mathematics education of prospective secondary teachers around the world* (pp. 17-23). ICME-13 Topical Surveys. Springer.
- Hunter, J. (2015). *Technology Integration and High Possibility Classrooms*. Routledge.
- International Society for Technology in Education [ISTE] (2000). *National educational technology standards for students: Connecting curriculum and technology*. Eugene, OR: International Society for Technology in Education.
-

- International Society for Technology in Education [ISTE] (2002). *National educational technology standards for teachers: Preparing teachers to use technology*. Eugene, OR: International Society for Technology in Education.
- Jaipal, K., & Figg, C. (2010). Expanding the practice-based taxonomy of characteristics of TPACK. In C. Crawford et al. (Eds.), *Proceedings of society for information technology & teacher education international conference* (pp. 3868-3875). AACE.
- Jang, S., & Tsai, M. (2012). Exploring the TPACK of Taiwanese elementary mathematics and science teachers with respect to use of interactive whiteboards. *Computers & Education*, 59, 327-338. <http://10.1016/j.compedu.2012.02.003>
- Jimoyannis, A. (2010). Designing and implementing an integrated technological pedagogical science knowledge framework for science teachers' professional development. *Computers & Education*, 55(3), 1259-1269. <http://10.1016/j.compedu.2010.05.022>
- Kabakci, I., & Çoklar, A. N. (2014). Modeling pre-service teachers' TPACK competencies based on ICT usage. *Journal of Computer Assisted Learning*, 30(4), 363-376.
- Kartal, T., & Afacan, Ö. (2017). Examining Turkish Pre-service Science Teachers' Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) Based on Demographic Variables. *Journal of Turkish Science Education (TUSED)*, 14(1).
- Khan, S. (2011). New pedagogies on teaching science with computer simulations. *Journal of Science Education & Technology*, 20(3), 215-232. <http://10.1007/s10956-010-9247-2>
- Koehler, M., & Mishra, P. (2005a). Teachers learning technology by design. *Journal of Computing in Teacher Education*, 21 (3), 94-102.
- Koehler, M., & Mishra, P. (2005b). What happens when teachers de-

-
- sign educational technology? The development technological pedagogical content knowledge. *Journal of Educational Computing Research*, 32(2), 131-152. <http://10.2190/OEW7-01WB-BKHL-QDYV>
- Koehler, M., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60-70.
- Koehler, M., Mishra, P., & Cain, W. (2013). What is technological pedagogical content (TPACK)? *Journal of Education*, 193(3), 13-19.
- Koehler, M., Mishra, P., & Yahya, K. (2004). Content, pedagogy, and technology: Testing a model of technology integration. In *Annual meeting of the American Educational Research Association*.
- Koehler, M., Mishra, P., Kereluik, K., Shin, T., & Graham, C. (2014). The technological pedagogical content knowledge framework. In *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 101-111). Springer.
- Koehler, M., Mishra, P., Wolf, L., Zellner, A., & Kereluik, K. (2012). Thematic considerations in integrating TPACK in a graduate program. In D. Polly, C. Mims & K. Persichitte (Eds.), *Creating technology-rich teacher education programs: Key issues* (pp. 1-12). IGI Global.
- Koh, J. (2013). A rubric for assessing teachers' lesson activities with respect to TPACK for meaningful learning with ICT. *Australasian Journal of Educational Technology*, 29(6), 887-900. <http://10.14742/ajet.228>
- Koh, J., & Divaharan, S. (2011). Developing pre-service teachers' technology integration expertise through the TPACK-developing instructional model. *Journal of Educational Computing Research*, 44(1), 35-58. <http://10.2190/EC.44.1.c>
- Koh, J., & Chai, C. (2014). Teacher clusters and their perceptions of
-

-
- technological pedagogical content knowledge (TPACK) development through ICT lesson design. *Computers & Education*, 70, 222- 232. <http://10.1016/j.compedu.2013.08.017>
- Koparan, T. (2016). The effect on prospective teachers of the learning environment supported by dynamic statistics software. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 47:2, 276-290. <http://10.1080/0020739X.2015.1070210>
- Kramarski, B., & Michalsky, T. (2010). Preparing preservice teachers for self-regulated learning in the context of technological pedagogical content knowledge. *Learning and Instruction*, 20(5), 434-447. <http://10.1016/j.learninstruc.2009.05.003>
- Krauskopf, K., Zahn, C., & Hesse, F. (2012). Leveraging the affordances of Youtube: The role of pedagogical knowledge and mental models of technology functions for lesson planning with technology. *Computers & Education*, 58(4), 1194-1206. Elsevier Ltd. <https://www.learntechlib.org/p/67467/>
- Lee, K., Suharwoto, G., Niess, M., & Sadri, P. (2006). Guiding inservice mathematics teachers in developing TPCK (technology pedagogical content knowledge). In *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (pp. 3750-3765). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Lee, M., & Tsai, C. (2010). Exploring teachers' perceived self-efficacy and technological pedagogical content knowledge with respect to educational use of the World Wide Web. *Instructional Science*, 38(1), 1-21. <http://10.1007/s11251-008-9075-4>
- Lin, T., Tsai, C., Chai, C., & Lee, M. (2013). Identifying science teachers' perceptions of technological pedagogical and content knowledge (TPACK). *Journal of Science Education and Technology*, 22(3), 32-336. <http://org/10.1007/s10956-012-9396-6>
- Liu, S. (2016). Teacher education programs, field-based practicums,
-

- and psychological factors of the implementation of technology by pre-service teachers. *Australasian Journal of Educational Technology*, 32(3), 65-79. <http://10.14742/ajet.2139>
- Maneira, S., & Gomes, M. (2017). A disseminação do TPACK em eventos científicos em Portugal. In Gomes, M. J., Osório, A. J., & Valente, A. L. (Orgs.). *Atas do X Congresso Internacional das TIC na Educação - Challenges 2017* (pp. 1469-1487). Braga: Universidade de Minho.
- Margerum-Lays J., & Marx R. (2003). Teacher knowledge of educational technology: a case study of student/mentor teacher pairs. In What Should Teachers Know About Technology? In Y. Zhao (Ed.), *Perspectives and Practices* (pp. 123-159). Information Age Publishing, Greenwich, CO.
- Martins, N. (2020). *Um modelo de prática pedagógica de articulação entre conteúdo, pedagogia e tecnologia na formação inicial de professores* (Tese de Doutoramento, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro).
- Martins, N., Sampaio, P., Costa, C., & Martins, F. (2017). A perceção do M-TPACK de futuros professores: um estudo exploratório. In Pires, M. V., Mesquita, C., Lopes, R. P., Santos, G., Cardoso, M., Sousa, J., Silva, E., & Teixeira, C. (Eds.) (2017). Livro de atas do 2.º Encontro internacional de formação na docência, INCTE 2017 (pp. 74-86). Bragança, Portugal: Instituto Politécnico de Bragança. ISBN: 978-972-745-222-4. <http://hdl.handle.net/10198/4960>
- Mishra, P. (2019). Considering Contextual Knowledge: The TPACK Diagram Gets an Upgrade. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 35(2), 76-78. <http://10.1080/21532974.2019.1588611>
- Mishra, P., & Koehler, M. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.
- Mishra, P., Koehler, M., Hershey, K., & Peruski, L. (2002). Learning

-
- through design: faculty development and online course development. *Proceedings from the Seventh Sloan-C International Conference on Online Learning: Emerging 179 Standards of Excellence in Asynchronous Learning Networks*, Orlando, FL. <http://www.aln.org/conference/proceedings/2001/index.asp>
- Mishra, P., Peruski, L., & Koehler, M. (2007). Developing technological pedagogical content knowledge (TPCK) through teaching online. In R. Carlsen et al. (Eds.), *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2007* (pp. 2208-2213). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Mouza, C. (2016). Developing and assessing TPACK among pre-service teachers: A synthesis of research. In M. C. Herring, M. J. Koehler, & P. Mishra (Eds.), *Handbook of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) for Educators, 2nd Edition* (pp. 169-190). Routledge.
- Mouza, C., & Karchmer-Klein, R. (2013). Promoting and assessing pre-service teachers' pedagogical content knowledge (TPACK) in the context of case development. *Journal of Educational Computing Research*, 48(2), 127-152. <http://10.2190/EC.48.2.b>
- Mouza, C., Nabdakumar, R., Yilmaz Ozden, S., & Karchmer-Klein, R. (2015). A longitudinal investigation of pre-service teachers' technological pedagogical content knowledge (TPACK) in the context of a teacher preparation program. Paper presented at the *Annual Meeting of the American Educational Research Association* (pp. 153-171). April. <http://10.1080/01626620.2016.1248301>
- National Council of Teachers of Mathematics [NCTM] (2007). *Princípios e normas para a matemática escolar*. Associação de Professores de Matemática.
- Niess, M. (2005). Preparing teachers to teach science and mathematics with technology: Developing a technology pedagogical content knowledge. *Teaching and Teacher Education*, 21, 509 - 523.
-

-
- Niess, M., Ronau, R., Shafer, K., Driskell, S., Harper, S., Johnston, C., Browning, C., & Özgün-Koca, S., (2009). Mathematics Teacher TPACK Standards and Development Model. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 4-24.
- Niess, M., Sadri, P., & Lee, K. (2007). *Dynamic spreadsheets as learning technology tools: Developing teachers' pedagogical content knowledge (TPCK)*. Paper presented at the meeting of the American Educational Research Association Annual Conference, Chicago, IL.
- Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD] (2018). *The future of education and skills: Education 2030*. OECD. [https://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20\(05.04.2018\).pdf](https://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20(05.04.2018).pdf)
- Ottensbreit-Leftwich, A., Brush, T., Strycker, J., Gronseth, S., Roman T., Abaci, S., vanLeusen, P., Shin, S., Easterling, W., & Plucker, J. (2012). Preparation versus practice: How do teacher education programs and practicing teachers align in their use of technology to support teaching and learning?. *Computers & Education*, 59(2), 399-411.
- Ottensbreit-Leftwich, A., Glazewski, K., Newby, T., & Ertmer, P. (2010). Teacher value beliefs associated with using technology: addressing professional and student needs. *Computers & Education*, 55(3), 1321-1335.
- Özgün Koca, S. (2009). The views of preservice teachers about the strengths and limitations of the use of graphing calculators in mathematics instruction. *Journal of Technology and Teacher Education*, 17(2), 203-227.
- Pajares, M. (1992). Teachers' Beliefs and Educational Research: Cleaning Up a Messy Construct. *Review of Educational Research*, 62(3), 307-332. [org/10.3102/00346543062003307](https://doi.org/10.3102/00346543062003307)
- Papanastasiou, E., & Angeli, C. (2008). Evaluating the Use of ICT in Education: Psychometric Properties of the Survey of Factors Affecting Teachers Teaching with Technology (SFA-T3). *Educational Technology & Society*, 11(1), 69-86.
-

-
- Polly, D., & Orrill, C. (2016). Designing professional development to support teachers' TPACK in elementary school mathematics. *Handbook of Technological Pedagogical Content Knowledge*, 259-268.
- Richardson, V. (2003). "Pre-service teachers' beliefs". In *Teacher beliefs and classroom performance: the impact of teacher education*, Edited by: Raths, J. and McAninch, A. C. 1-22. Information Age Publishing.
- Rogers, E. (1995). Lessons for guidelines from the diffusion of innovations. *The Joint Commission Journal on Quality Improvement*, 21(7), 324-328. [http://10.1016/S1070-3241\(16\)30155-9](http://10.1016/S1070-3241(16)30155-9)
- Rojano, T. (1996). Developing algebraic aspects of problem solving within a spreadsheet environment. In N. Bednarz, C. Kieran & L. Lee (Eds.), *Approaches to Algebra: Perspectives for research and teaching* (pp. 137-145). Kluwer Academic Publishers.
- Sampaio, P., & Coutinho, C. (2012). Ensinar Matemática com TIC: em busca de um referencial teórico. *Revista Portuguesa de Educação*, Ano 46-II, 91-109. <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/25887>
- Sang, G., Tondeur, J., Chai, C. S., & Dong, Y. (2016). Validation and profile of Chinese preservice teachers' technological pedagogical content knowledge scale. *Asia-Pacific Journal of Teacher Education*, 44(1), 49-65.
- Schmidt, D., Baran, E., Thompson, A., Mishra, P., Koehler, M., & Shin, T. (2009). Technological pedagogical content knowledge (TPACK): The development and validation of an assessment instrument for pre-service teachers. In *Journal of Research on Technology in Education*, 42(2), pp. 123-149.
- Sheets, C. (1993). *Effects of computer learning and problem-solving tools on the development of secondary school students' understanding of mathematical functions* (Doctoral dissertation, University of Maryland, College Park, MD).
- Shoffner, M. (2007). The PT3 crossroads project: Searching for tech-
-

-
- nology-PCK and results. In *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (Vol. 2007, No. 1, pp. 2636-2640).
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in *Teaching Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Sintema, E. (2018). Evolution of pre-service primary teachers' TPACK-Math profiles. *Journal of Global Research in Education and Social Science*, 11(4), 166-175. <http://ikpress.org/index.php/JGREGRESS/article/view/2057>
- Slough, S., & Connell, M. (2006). Defining technology and its natural corollary, Technological Content Knowledge (TCK). In *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (pp. 1053-1059). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Stobaugh, R., & Tassell, J. (2011). Analyzing the degree of technology use occurring in pre-service teacher education. *Educational assessment, evaluation and accountability*, 23(2), 143-157.
- Thompson, A., & Mishra, P. (2007). Breaking news: TPCK becomes TPACK! *Journal of Computing in Teacher Education*, 24(2), 38-64.
- Tondeur, J., van Braak, J., Sang, G., Voogt, K., Fisser, P., & Ottenbreit-Leftwich, A. (2012). Preparing pre-service teachers to integrate technology in education: A synthesis of qualitative evidence. *Computers & Education*, 59(1), 134-144. <http://10.1016/j.compedu.2011.10.009>
- Tondeur, J., Scherer, R., Siddiq, F., & Baran, E. (2017). A comprehensive investigation of TPACK within pre-service teachers' ICT profiles: Mind the gap!. *Australasian Journal of educational technology*, 33(3).
- Tondeur, J., Roblin, N., van Braak, J., Voogt, J., & Prestridge, S. (2017b). Preparing beginning teachers for technology integration in education: Ready for take-off? *Technology, Pedagogy and Education*, 26, 157-177.
- Tsai, C., Koh, J., & Chai, C. S. (2016). A review of the quantitative

- measures of technological pedagogical content knowledge (TPACK). In M. C. Herring, M. J. Koehler & P. Mishra (Eds.), *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPACK) for educators* (2nd ed. pp. 107-118). Routledge.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO] (2008). *ICT Competency Standards for Teachers: Policy framework*. Author. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000156207>
- Valtonen, T., Sointu, E., Kukkonen, J., Kontkanen, S., Lambert, M., & Makitalo-Sigel, K. (2017). TPACK updated to measure pre-service teachers' twenty-first century skills. *Australasian Journal of Educational Technology*, 33(3), 15-31. <http://10.14742/ajet.2938>
- Voogt, J., Fisser, P., Roblin, N., Tondeur, J., & van Braak, J. (2012). Technological pedagogical content knowledge - a review of the literature. *Journal of Computer-Assisted Learning*, 29(2), 109-121. <http://10.1111/j.1365-2729.2012.00487.x>
- Williams, M., Foulger, T., & Wetzel, K. (2010). Aspiring to reach 21st century ideals: Teacher educators' experiences in developing their TPACK. In D. Gibson & B. Dodge (Eds.), *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2010* (pp. 3960- 3967). Chesapeake, VA: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Wu, H. (2017). *Compreender os números na matemática escolar*. Porto Editora.
- Yilmaz-Ozden, S., Mouza, C., & Harlow Shinas, V. (2016). Teaching knowledge with curriculum based technology: Development of a survey instrument for pre-service teachers. *Journal of Technology and Teacher Education*, 24(4), 471-499.
- Zengin, Y., & Tatar, E. (2015). The teaching of polar coordinates with dynamic mathematics software. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 46(1), 127-139.



**Politécnico
de Coimbra**



**Escola Superior
de Educação**

Politécnico de Coimbra

NÚCLEO DE INVESTIGAÇÃO, EDUCAÇÃO, FORMAÇÃO E INTERVENÇÃO
I2A – INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO APLICADA