

INTEGRAÇÃO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS: CONTRIBUIÇÕES DO MODELO DO CONHECIMENTO PEDAGÓGICO-TECNOLÓGICO DO CONTEÚDO

Dra. Marina Bazzo de Espíndola  0000-0003-3039-5528

Universidade Federal de Santa Catarina

Dra. Taís Rabetti Giannella  0000-0001-9563-2964

Universidade Federal do Rio de Janeiro

RESUMO: Este trabalho, de natureza teórica, tem como objetivo discutir o modelo do Conhecimento Pedagógico Tecnológico do Conteúdo (TPACK) no contexto do Ensino de Ciências. Para isso, buscamos aprofundar o entendimento sobre os componentes do modelo do TPACK a partir de contribuições de autores do campo do ensino de Ciências e do campo da Tecnologia Educacional, a fim de compreender os debates referentes à natureza do conteúdo das ciências, a pedagogia

específica desta área e as relações entre ciência e tecnologia, bem como para discutir as visões de tecnologia, as potencialidades pedagógicas das TDIC e suas aplicações no ensino das Ciências. Reconhecendo que cada um desses componentes se refere a um campo de conhecimento inatingível em sua totalidade, esperamos com este artigo reforçar a complexidade do conhecimento, da prática e da formação docente no contexto de integração de TDIC.

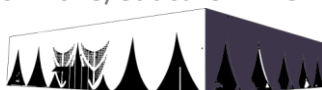
PALAVRAS-CHAVE: Conhecimento Pedagógico Tecnológico do Conteúdo; Ensino de Ciências; Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação.

ICDT INTEGRATION INTO SCIENCE EDUCATION: CONTRIBUTES OF TECHNOLOGICAL PEDAGOGICAL CONTENT KNOWLEDGE FRAMEWORK

ABSTRACT: The aim of this paper is to discuss the Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) Framework in the science education context, in order to contribute to the research on the ICT integration on this field of knowledge. For this purpose, we visited studies about Science education and about educational technology to understand the issues concerned to the nature of Science

contents, the pedagogical content knowledge in this area, the conceptions of technology, the relationship between Science and technology, the ICT pedagogical potentialities and its applications to the Science education. We expect to reinforce the complexity of the knowledge involved in the pedagogical practice and required for the teacher training in the context of ICDT integration.

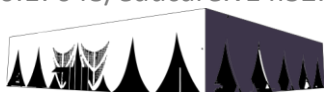
KEYWORDS: Technological Pedagogical Content Knowledge; Science Education; Information and Communication Digital Technology.



INTRODUÇÃO

O campo do Ensino de Ciências vem apontando uma série de desafios enfrentados pelos docentes em suas práticas de ensino-aprendizagem relacionados com a dificuldade de contextualização dos conhecimentos científicos, com o aumento constante destes conhecimentos acompanhado de uma excessiva abstração, fragmentação e compartimentalização dos saberes e com a falta de compreensão da ciência como um processo humano, histórico e socialmente condicionado (AULER; DELIZOICOV, 2015). As Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) e suas potencialidades pedagógicas podem ser um caminho para a superação desses desafios e para a promoção da autonomia dos alunos na construção dos conhecimentos científicos (SCHAEFER; ANGOTTI, 2016).

Considerando o professor o elemento central para a transformação do contexto educacional, é necessário olhar para este sujeito e para os conhecimentos que compõem sua especificidade profissional, buscando possibilidades para a integração das TDIC no ensino. É nesta perspectiva que nasce a proposta do modelo do Conhecimento Pedagógico-Tecnológico do Conteúdo – TPACK (do inglês Technological Pedagogical Content Knowledge), um referencial de conhecimento docente proposto por Mishra e Koehler (2006) que vem se consolidando no campo da Tecnologia Educacional. O modelo sugere que as formas de integração de tecnologias no ensino devem estar intimamente relacionadas à natureza dos problemas de ensino de cada disciplina acadêmica, às questões específicas do seu conteúdo e à cultura do seu campo de conhecimento. Propõe que a base de conhecimento docente para o ensino mediado por TDIC é composto por conhecimento de conteúdo (CK, do Inglês Content Knowledge), conhecimento pedagógico (PK, do Inglês Pedagogical



Knowledge), conhecimento tecnológico (TK, do inglês Technological Knowledge) e suas intersecções em contextos de ensino.

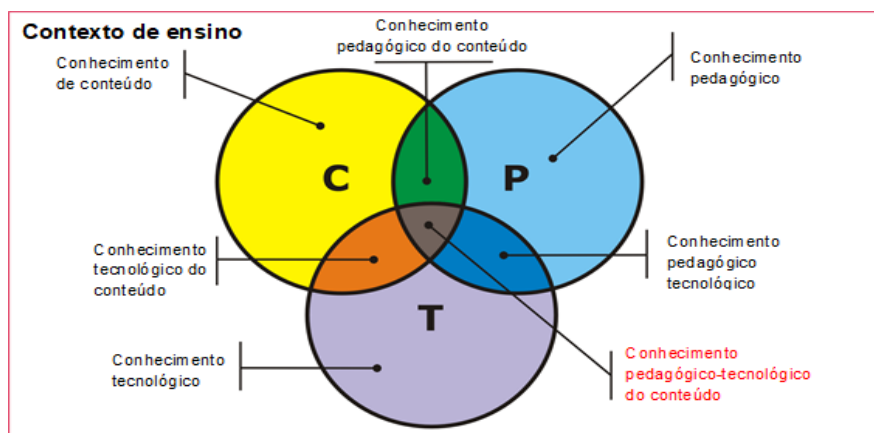
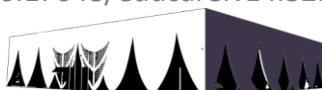


Figura 1: Elementos básicos do Sistema Conceitual do Conhecimento Pedagógico-Tecnológico do Conteúdo e suas interrelações (adaptado de Mishra e Khoeler, 2006).

Desde sua proposição, é crescente o número de artigos que aprofundam a discussão sobre este referencial na comunidade de pesquisa em Tecnologia Educacional no âmbito internacional. Duas principais abordagens, a integrativa e a transformativa, discutem a natureza do TPACK como um conhecimento emergente oriundo da integração dos conhecimentos de base da formação do professor vinculados ao conteúdo, à pedagogia, à tecnologia e suas intersecções, ou como um conhecimento novo que não pode ser entendido pela soma e pela interação destas partes (ANGELI; VALANIDES, 2015). Esta discussão é recente e ainda não há consenso entre os pesquisadores. Não é objeto deste trabalho, entretanto, adentrar nas diferenças destas propostas; apenas consideramos importante pontuar que é ainda algo em construção. Como não estão vinculados a contextos educativos reais, neste corpo de estudos não são discutidos os conteúdos que caracterizariam os conhecimentos e suas interrelações. A contribuição destes trabalhos está em discutir a complexidade e em ressaltar a



importância de considerar todos esses componentes que influenciam um ensino de qualidade no contexto contemporâneo

Além dos estudos que procuram discutir o modelo em si e a natureza dos conhecimentos que o compõe, há trabalhos que adotam o modelo TPACK como referencial teórico de pesquisas empíricas sobre a prática pedagógica (ESPÍNDOLA, 2010; ANGELI; VALANIDES, 2015) e/ou sobre a formação de professores (JIMOYIANNIS, 2010; NIESS, 2005).

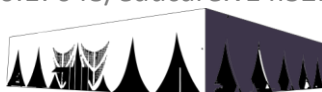
O uso do modelo TPACK, seja em uma perspectiva ou em outra, depende de uma compreensão de seus componentes para cada área de conhecimento, em contextos de ensino específicos. Em recente pesquisa de revisão da literatura, Oliveira (2017) constatou que, apesar de alguns trabalhos no âmbito do Ensino de Ciências terem sido desenvolvidos a partir do TPACK, seus componentes ainda são pouco caracterizados neste contexto.

O presente trabalho é de natureza teórica e tem como objetivo apresentar os componentes do modelo do TPACK, relacionando-os com o contexto do Ensino de Ciências de maneira a contribuir para a pesquisa sobre a integração de TDIC nessa área.

Para realizar essa tarefa, buscamos contribuições de autores do campo do ensino de Ciências e do campo da Tecnologia Educacional, a fim de compreender os debates referentes à natureza do conteúdo das ciências, à pedagogia específica desta área e as relações entre ciência e tecnologia, bem como para discutir as visões de tecnologia, as potencialidades pedagógicas das TDIC e suas aplicações no ensino das Ciências.

Conhecimento do conteúdo: a natureza do conteúdo de ciências e seus desafios no ensino

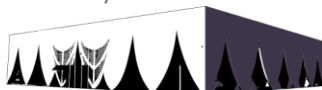
O conhecimento do conteúdo (CK) refere-se tanto aos conteúdos de ensino, incluindo conceitos, teorias, procedimentos e metodologias, quanto ao



entendimento de como os conhecimentos da área se organizam e se desenvolvem (KHOELER; MISHRA; 2008; SHULMAN, 1987). O conhecimento que os professores possuem dos conteúdos a serem abordados no ensino influencia suas decisões educativas, principalmente na definição do conjunto e da organização de cursos e conteúdos, ações e experiências, por meio dos quais os alunos serão formados. Esta compreensão está relacionada à perspectiva de que os currículos não são conteúdos prontos a serem passados aos alunos, mas sim uma construção e uma seleção de conhecimentos e práticas produzidas em contextos concretos e em dinâmicas sociais, políticas e culturais, intelectuais e pedagógicas.

Dentro do contexto do ensino de ciências, Niess (2005) defende que o CK desta área deve permitir o reconhecimento da ciência como uma forma de pensar, como uma forma de pesquisar e como um corpo de conhecimento que possui interações com a tecnologia e com a sociedade. Neste sentido, destaca-se a importância de os professores da educação básica terem contato com o campo e a prática da atividade da pesquisa, tendo em vista que esta pode oferecer ferramentas teóricas e instrumentais importantes para o ensino, demonstrando quais problemas estão sendo investigados pela área, as dificuldades mais frequentes e o rigor científico exigido para o avanço da disciplina que estão estudando (MOREIRA; MARTINS, 2015).

Ao refletirem sobre a influência da natureza do conhecimento científico e sua dinâmica de produção no ensino de ciências, Delizoicov et al. (2008) discutem os desafios da formação profissional dos professores desta área. Relacionam-nos, principalmente, à dinâmica de produção do conhecimento científico, que, devido ao seu caráter processual, não pode ser considerado pronto, verdadeiro ou acabado. Ressaltam ainda os desafios das relações entre ciência e tecnologia, seus efeitos e condicionamentos sociais. A partir das contribuições da epistemologia das ciências, os autores refletem sobre a tendência de o ensino apresentar a ciência como “desinteressada, neutra, linear, respaldada na lógica e na racionalidade, de forte base empírica, isenta de crenças



e idiossincrasias” (DELIZOICOV et al. 2008, p.72). Além disso, apontam que a acelerada produção de informações não permite, por questões temporais, que todos os conteúdos sejam abordados na educação científica, o que acarreta no desafio da definição de critérios de seleção de conteúdos.

O desenvolvimento da ciência gera novas especialidades a cada momento, com novas subdivisões disciplinares, o que acaba por acarretar a fragmentação das explicações sobre os fenômenos. Dessa forma, os professores das áreas de ciências enfrentam um contexto de crescente aumento da complexidade e das múltiplas determinações dos fenômenos em estudo, onde a compreensão dos conteúdos científicos é um desafio cada vez mais interdisciplinar (DELIZOICOV et al, 2008; SANTOS; MORTIMER, 2009).

Conhecimento pedagógico: tendências pedagógicas e suas implicações no ensino

O conhecimento pedagógico (PK) é um conhecimento influenciado pelas concepções epistemológicas dos professores sobre educação, relacionadas com a forma como compreendem o planejamento, a mediação, a avaliação dos processos educacionais e a aprendizagem dos estudantes (MISHRA; KHOELER, 2006). Envolve o entendimento de como os estudantes constroem conhecimento e a compreensão do papel do aluno e do professor no processo de ensino-aprendizagem. É, portanto, um conhecimento que vai além de um conjunto de normas e procedimentos técnicos de ensino e que nasce também a partir das práticas e experiências do professor.

A construção do conhecimento pedagógico mobiliza diferentes valores e crenças sobre os quais devem ser os objetivos da educação, a respeito do que é ensinar e aprender. E estes valores se relacionam com uma visão mais ampla sobre a sociedade que se deseja formar. Assim, existe uma relação indissociável



entre as concepções de homem e de sociedade, as abordagens pedagógicas e as práticas educativas.

Na literatura, é comum encontrarmos trabalhos que, ao justificarem suas opções a favor das abordagens construtivistas da aprendizagem, pautem seus argumentos na contraposição com o comportamentalismo (MERRIENBOER; BRUIN, 2014). Embora seja possível reconhecer que estas abordagens demarcam vertentes teóricas distintas no que diz respeito às suas visões sobre o processo de construção do conhecimento e de aprendizagem, ressalta-se que a simples oposição entre elas mascara a existência de um complexo leque de teorias que muitas vezes não são excludentes e podem coexistir. Diversos autores dedicam-se à análise de teorias e tendências pedagógicas e, apontando para a dificuldade de sistematizá-las, buscam traçar suas características mais marcantes (MERRIENBOER; BRUIN, 2014; MORAES, 2000).

Greeno et al., (1996) caracterizam as principais abordagens teóricas sobre o processo de ensino-aprendizagem, reunindo concepções sobre aprendizagem, ensino e avaliação. Segundo os autores, as perspectivas dominantes em educação são a associacionista, a construtivista cognitivista e a construtivista social e situada. Essas perspectivas pedagógicas convivem nos espaços educativos contemporâneos e assumem uma diversidade de formas, num gradiente de estratégias que vão desde tarefas mais diretivas à promoção de contextos de aprendizagem autênticos e pouco estruturados (MORAES, 2000). No contexto da prática, os professores escolhem caminhos que podem se aproximar mais de uma proposta de ensino centrada na transmissão de informações ou da ideia de construção conjunta de conhecimento, numa parceria entre professores e alunos.

Conhecimento pedagógico do conteúdo: contribuições do campo do ensino de ciências



O conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) é o conhecimento pedagógico aplicado ao ensino de um conteúdo específico. Refere-se ao entendimento de quais abordagens e metodologias se adequam melhor ao ensino de determinado assunto, sendo também composto pelos conhecimentos relacionados ao perfil dos alunos, suas ideias prévias em relação ao tema, além da identificação de suas principais dificuldades (COX, 2008; MISHRA; KHOELER, 2006; SHULMAN, 1987).

Autores vêm trazendo contribuições para identificar as especificidades que compõem o PCK dos professores de ciências. Niess (2005) afirma que o PCK deste campo é um conhecimento processual, possui rigor acadêmico, desenvolve didática própria, é baseado em mudança conceitual e em atividades, procurando envolver descoberta, investigação e desenvolvimento de projetos. Na discussão das práticas de ensino, a autora discute que, muito frequentemente, os professores de ciências enfatizam o desenvolvimento dos estudantes apenas no entendimento da informação científica e dos métodos/processos científicos.

Fortemente influenciados pela corrente construtivista, desde a década de 1980, os estudos neste campo identificaram que conceitos básicos e reiteradamente ensinados não chegavam a ser corretamente compreendidos pelos alunos, muitas vezes incapazes de deslocar os conceitos intuitivos com os quais chegavam em direção à formação científica. As pesquisas foram direcionadas para o conhecimento das representações espontâneas e concepções alternativas dos alunos em seus diferentes níveis de escolarização. Desde este período, o ensino de ciências enfatiza o processo de construção do conhecimento científico pelo aluno, considerando a existência de conceitos intuitivos, espontâneos, alternativos ou preconceções acerca dos fenômenos naturais (KRASILCHIK, 2000). Defende que a contextualização e a aproximação dos conteúdos à realidade vivenciada pelos alunos é importante para aprendizagem dos estudantes (DELIZOICOV et al., 2008). Isto porque a aprendizagem dos alunos tem como base suas experiências e conhecimentos prévios, definidos histórica e



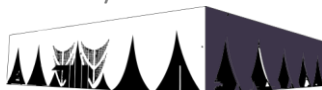
socialmente, e novos conteúdos são mais facilmente internalizados quando os alunos estão envolvidos em contextos similares onde estes conhecimentos podem ser aplicados (SOLINO e GEHLEN, 2015).

Mais recentemente, a partir da percepção de que somente o estudo das concepções alternativas ou errôneas e a ênfase na aprendizagem de conceitos científicos não se mostravam suficientes para a formação cidadã dos alunos, a pesquisa no ensino desta área incorpora mais elementos das ciências humanas, complexificando o entendimento do processo de ensino-aprendizagem das ciências e, assim, gerando novos direcionamentos.

Surgem propostas pedagógicas em que os alunos partem de contextos reais que configuram problemáticas a serem estudadas e cujos conteúdos científicos são inseridos para a compreensão da realidade, favorecendo a compreensão de conceitos e processos da ciência na sua relação com a sociedade e também incentivando a participação cidadã dos alunos (DELIZOICOV et al, 2008; MOREIRA; MARTINS, 2015). O tratamento de situações-problemas abertas, por exemplo, enfatiza a solução de problemas, a pesquisa, a tomada de decisões, a negociação e a cooperação entre pares (SANTOS; MORTIMER, 2009), aspectos presentes na construção do conhecimento científico.

Ainda como contribuições recentes do campo do ensino de ciências, pode-se citar a diversificação de conhecimentos e saberes defendidos pelos estudos culturais, com ênfase na história da ciência como uma abordagem de ensino, com a integração de variados meios, e a preocupação com as questões da linguagem e do discurso (FLÔR, CASSIANI, 2011).

Somadas a esta caracterização geral da área, outras discussões do campo do Ensino de Ciências referentes às especificidades de cada conteúdo de ensino, seus desafios e dificuldades de aprendizagem compõem o PCK das ciências, influenciando as decisões pedagógicas dos professores desta área.



Conhecimento tecnológico: abordagens de tecnologia e suas relações com o contexto educativo

Segundo Mishra e Koheler (2006), o conhecimento tecnológico (TK) compreende o conhecimento que o professor possui das tecnologias que aplica produtivamente no seu trabalho e na sua vida cotidiana. No contexto das discussões do modelo TPACK, McCroy (2008) adota teoricamente uma definição ampla de tecnologia que incorpora qualquer ferramenta ou técnica, incluindo não somente produtos, mas também métodos, habilidades, processos e sua cultura.

Na busca de uma construção conceitual de TK, Khoeler e Mishra (2008) salientam o caráter dinâmico deste conhecimento devido à mudança contínua das tecnologias disponíveis, gerando a necessidade de disposição para o aprendizado ao longo da vida profissional. Dessa forma, o conceito de TK argumenta a favor da necessidade de o professor desenvolver um conhecimento das tecnologias de forma que reconheça quando podem auxiliar a realização de um objetivo, sabendo aplicá-las nos seus problemas cotidianos e sendo capazes de adaptar-se às mudanças tecnológicas do seu contexto. Este conceito de CT não põe um “estado final” para ser atingido, mas compreende o conhecimento em constante desenvolvimento, envolvendo as interações dos professores com a tecnologia ao longo da vida (KHOELER; MISHRA, 2008).

Os estudos empíricos que adotam o modelo TPACK, por sua vez, dedicam-se aos conhecimentos e habilidades necessários para operá-las, evidenciando uma perspectiva instrumental de tecnologia. Vieira-Pinto (2005) ressalta que toda tecnologia tem também um conteúdo ideológico, sendo importante desmascarar as ideologias dominantes orientadoras do desenvolvimento tecnológico, bem como fomentar a reflexão sobre a técnica e sobre os seus modos de produção visando uma apropriação crítica da tecnologia nos espaços educativos. Assim, este conhecimento deve ser alcançado também por meio de um exercício crítico e de uma contextualização histórica dos processos tecnológicos (VIEIRA-PINTO, 2005),



ou seja, entendendo que é um objeto de estudo que exige novos exercícios teóricos e não somente a aquisição do saber fazer.

Para isso, consideramos necessário buscar contribuições do campo da Filosofia da Tecnologia, procurando compreender como as diferentes formas de entendê-la em si e na sua relação com a sociedade contemporânea podem influenciar visões e atitudes dos professores sobre as interações das TDIC com a educação (Buabeng-Andoh, 2012).

Feenberg (2002) caracteriza e discute diferentes abordagens de tecnologia: as abordagens “determinista”, “instrumentalista”, “substantivista” e “crítica”. A abordagem determinista vê a tecnologia como um processo autônomo e desprovido de valores, gerando posicionamentos extremados: há os que consideram a tecnologia uma força de dominação negativa e, portanto, são contrários a sua essência (tecnofobia); também há aqueles que consideram a tecnologia uma força racional de eficiência e progresso, e não questionam seu desenvolvimento (tecnofilia). Na abordagem instrumentalista, a tecnologia é considerada neutra, mas submetida ao controle humano, que decide o que fazer com a tecnologia gerada de maneira independente e descontextualizada. Segundo Feenberg (2002), esta é a visão predominante na sociedade atual, segundo a qual a tecnologia é simplesmente uma ferramenta ou instrumento sem conteúdo ou valor intrínseco que usamos para satisfazer nossas necessidades. A abordagem substantivista compreende a tecnologia como um novo tipo de sistema cultural que reestrutura o mundo e exerce controle social. Nesta visão, a tecnologização da sociedade é um destino do qual não há escapatória, e somente um retorno aos valores humanos da simplicidade oferece uma alternativa a este progresso que, como colocado nesta abordagem, surge como negativo. Já a abordagem crítica reconhece a tecnologia como um processo carregado de valores que pode gerar consequências positivas e negativas, dependendo dos indivíduos e dos contextos de apropriação. Defende um empoderamento da sociedade nas decisões sobre o desenvolvimento tecnológico.



Nesse sentido, é importante levar em consideração que, no uso disseminado das TDIC, estão imbricadas as formas e os conteúdos que deles fazem parte, representados por um sistema midiático disseminador de intensa “produção cultural, produção simbólica e de discursos” (PRETTO; ASSIS, 2008, p. 77). Mais do que a superação de dificuldades técnicas, o conhecimento tecnológico dos professores pode constituir novas possibilidades significativas de integração de TDIC nas suas práticas de ensino.

Conhecimento pedagógico tecnológico: as potencialidades tecnológicas das TDIC

O conhecimento pedagógico tecnológico (TPK) é o entendimento sobre as potencialidades das tecnologias para aprimorar o processo de ensino-aprendizagem (MISHRA; KOHLER, 2006). Este conhecimento é influenciado pelos objetivos educacionais dos professores, suas visões e necessidades de seus contextos.

Ao longo das últimas décadas, diversos pesquisadores têm ressaltado o potencial das TDIC para o processo de ensino-aprendizagem (VALENTE, 2014). Muito se discute sobre os conhecimentos necessários para os professores integrarem as TDIC, reconhecendo que a sua simples incorporação não é suficiente para a superação dos problemas da educação, uma vez que pode constituir apenas novos formatos que modernizam as antigas concepções de ensino (SELWYN, 2011).

Na articulação dos conhecimentos pedagógicos com as TDIC, o campo da tecnologia educacional apresenta estudos que procuram investigar as modalidades de uso destas ferramentas por professores, relacionando-as com suas concepções de ensino. Tondeur et al., (2008) sugerem que professores que possuem concepções construtivistas geralmente usam o computador como ferramenta para busca de informações e como ferramenta comunicacional,



enquanto os professores com concepções tradicionais de ensino geralmente enfatizam a auto-instrução guiada. Ressaltam que concepções aparentemente opostas não são excludentes e, muitas vezes, seus reflexos são encontrados nas práticas de um mesmo professor.

Sugrue (2000) sistematiza as potencialidades das TDIC no ensino em: acesso e organização da informação; realização de atividades autênticas; aprendizagem colaborativa; e modelagem/avaliação dos estudantes.

Na categoria acesso e organização da informação, relacionada com a transmissão da informação ou com a aquisição de conhecimentos declarativos, Sugrue (2000) aponta que as bases não lineares de conhecimento (hipertextos e hipermídia) possibilitam ao aluno maior liberdade para resolver problemas, buscar e consultar informações de acordo com seu nível, necessidade e interesse de aprofundamento no conteúdo.

Em relação às atividades autênticas, a autora discute o potencial pedagógico de atividades que induzem processos cognitivos próprios da resolução de problemas e à construção ativa do conhecimento pelos alunos. As atividades podem ser: contextualmente autênticas quando envolvem a resolução de problemas reais; cognitivamente autênticas, quando estimulam o desenvolvimento de processos cognitivos necessários à expertise na área; atividades de construção, que envolvem análises, integração e organização da informação para comunicar aos pares ou para a criação de produtos.

Ao ressaltar a aprendizagem colaborativa, a autora aponta que, mais do que superar distâncias, o potencial de integração destas tecnologias está relacionado com a concepção de que o conhecimento é socialmente construído através de um processo de diálogo e negociação, que gera um aprofundamento na compreensão dos conteúdos aprendidos.

Na categoria modelagem/avaliação dos estudantes, Sugrue (2000) refere-se ao uso das TDIC como auxiliares no desenvolvimento de habilidades



metacognitivas. Estas tecnologias têm permitido aos professores monitorar o processo de aprendizagem do aluno, visualizando seus percursos e registrando suas ações.

Mais recentemente, com a disseminação da Web 2.0, novas oportunidades de autoria, compartilhamento e comunicação vêm se consolidando. Segundo Coelho e Lapa (2016), no contexto atual da cultura digital, as redes sociais constituem espaços de interconexão e compartilhamento de conteúdos, gerando formas de comunicação plurais, multiautorais, que podem configurar um ambiente fértil para a Educação, desde a investigação de novas referências de significados culturalmente construídos até a busca de novas metodologias para potencializar a dialogicidade dos processos educativos.

Reforçando a característica de espaços de autoria, as TDIC possibilitam aos professores a oportunidade de construir seus próprios materiais. Esse processo pode propiciar inovação educacional pedagogicamente relevante, já que os professores partem de seus contextos reais de ensino e de necessidades da comunidade educativa para pensar possibilidades tecnológicas.

Conhecimento tecnológico do conteúdo: relações entre o conhecimento científico e as tecnologias

O conceito de Conhecimento Tecnológico do Conteúdo (TCK) do Sistema Conceitual do TPACK inclui o entendimento da maneira como a tecnologia e o conteúdo influenciam e limitam um ao outro (KHOELER; MISHRA, 2008).

Harris et al. (2009) ressaltam a influência do entendimento da relação conteúdo-tecnologia em três aspectos chave: 1. O advento de novas tecnologias tem mudado o que consideramos conteúdo disciplinar, como, por exemplo, a influência do computador na natureza das disciplinas de física e de matemática, que passaram a dar grande ênfase aos processos simulados para o entendimento de fenômenos. 2. A tecnologia não é neutra no que concerne a seus efeitos sobre



a cognição, pois diferentes mídias mobilizam diferentes estruturas de pensamento e formas de pensar e 3. O desenvolvimento tecnológico oferece novas metáforas e linguagens para pensar sobre a cognição humana e seu lugar no mundo. Essas metáforas, entendendo o cérebro como uma máquina de processamento de informações ou um coração como uma bomba, por exemplo, e as conexões estabelecidas com novas representações, não são superficiais, e geralmente levam a mudanças no entendimento da natureza das disciplinas (KHOELER; MISHRA, 2008).

Consideramos o TCK o constructo menos desenvolvido do sistema conceitual do TPACK, já que, na maioria dos trabalhos analisados, reduz as interações entre tecnologia e conteúdo apenas às novas formas de representação. No parágrafo acima, Harris et al (2009) e Khoeler e Mishra (2008) mesmo tentando ampliar as relações entre tecnologia e conteúdo, carecem de maior explicação sobre quais são as mudanças provocadas pelas tecnologias na natureza dos conteúdos das áreas específicas, como na ciência.

Muitas tecnologias fazem parte da ciência praticada nos laboratórios de pesquisa e, portanto, da vivência profissional de grande parte dos professores das principais universidades públicas brasileiras, não somente como instrumentos de coleta de dados, mas como parte essencial do fazer ciência ou mesmo como seu objeto de estudo (DELIZOICOV et al., 2008; McCROY, 2008), em uma relação fortemente imbricada.

Buscando contribuição de outros referenciais, ressaltamos que estudos sociais da ciência e da tecnologia podem ajudar a aprofundar o entendimento do fenômeno científico-tecnológico, seus condicionantes e consequências. Ao explorar estas relações, Santos e Mortimer (2009) demonstram que a produção de novos conhecimentos tem estimulado mudanças tecnológicas e influenciado na maneira como as pessoas pensam sobre si, sobre os problemas do mundo e suas possíveis soluções. A tecnologia, por sua vez, possibilita o desenvolvimento de novas técnicas de estudo e descobertas científicas, e, na sociedade, as novas



ferramentas disponíveis influenciam o estilo de vida dos grupos humanos. Além disso, os autores discutem o papel da sociedade no direcionamento do desenvolvimento científico e tecnológico, por meio da definição de políticas de incentivo e de pressões públicas e privadas.

É com base nesta compreensão que se desenvolvem os estudos sociais da ciência e da tecnologia do movimento Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS). O CTS constitui um campo de trabalho nos âmbitos acadêmicos, da educação e das políticas públicas, com estudos voltados para o entendimento dos aspectos sociais do fenômeno científico-tecnológico, seus condicionantes e consequências sociais e ambientais.

Essas relações são intrínsecas ao campo do ensino de ciências, haja vista a crescente produção de estudos CTS oriundos desta área. A própria conceituação de Ciência e de Tecnologia para estes estudos é de difícil separação, optando por utilizar o termo fenômeno científico-tecnológico. A partir do crescente espaço da ciência e da tecnologia no mundo contemporâneo, os professores têm o desafio de possibilitar ao aluno uma formação crítica e informada sobre as políticas tecnológicas.

Neste sentido, estes estudos chamam a atenção para a necessária compreensão dos professores de que a ciência e a tecnologia não têm um fim em si mesmo, mas estão orientadas para a ação a partir de uma análise da sociedade, em seus componentes históricos, sociais, políticos e econômicos (AULER; DELIZOICOV, 2015).

Conhecimento pedagógico-tecnológico do conteúdo: contribuições para a integração das TDIC no ensino de ciências

No sistema conceitual do TPACK, o conhecimento pedagógico-tecnológico do conteúdo (TPACK) representa um conhecimento emergente que vai além da soma de seus três componentes básicos: conhecimento do conteúdo,



conhecimento pedagógico e conhecimento tecnológico (HARRIS et al., 2009; KHOELER; MISHRA, 2008). Ao integrar as TDIC, os professores têm de desenvolver além do seu conteúdo de ensino uma compreensão da maneira como tal conteúdo e seus tipos de representação podem ser modificados pela aplicação de diferentes tecnologias de acordo com as necessidades de aprendizagem dos alunos.

No campo do ensino de ciências há uma diversidade de estudos que se dedicam ao uso de TDIC nos processos de ensino-aprendizagem, com contribuições importantes sistematizadas em trabalhos da área (GIORDAN, 2008; SCHAEFER; ANGOTTI, 2016). Uma vez que o modelo TPACK constitui um referencial teórico em consolidação, optamos nesta seção por trazer as contribuições de estudos que adotam especificamente este modelo para discutir a integração de TDIC no contexto do ensino de ciências.

Ao discutir o TPACK, McCroy (2008) afirma que os professores têm motivações científicas e pedagógicas para integrar TDIC no ensino de ciências. As motivações científicas surgem quando a tecnologia é parte essencial do conteúdo que está sendo abordado ou faz parte das práticas de estudo da área. A interdependência entre produção do conhecimento científico e tecnologias favorece sua aplicação no contexto de ensino de determinados conteúdos, como, por exemplo, o uso de microscópios nas aulas de histologia e biologia celular. McCroy (2008) ressalta que, “em níveis mais avançados da prática científica, a tecnologia está impregnada”, incluindo, por exemplo, instrumentos como microscópios, calculadoras científicas, telescópios remotos baseados na web, programas de bioinformática e banco de dados de diversas naturezas, tornando natural a integração desta ferramenta em contextos de ensino significativos. Já em relação às motivações pedagógicas, McCroy (2008) aponta potencialidades como, por exemplo, acelerar eventos naturais por meio de simulações, agilizar a coleta de dados, ver fenômenos que não são facilmente visualizados, entrar em contato com instituições de pesquisa e ter acesso a dados atualizados. Estas



possibilidades pedagógicas podem significar mobilizações cognitivas que podem ajudar na interpretação, construção de sentido e representação de conceitos, facilitando a aprendizagem de conteúdos e de processos científicos.

Ao analisar os usos pedagógicos das TDIC, Niess (2005) e Guzey e Roehrig (2009) discutem que a maioria dos professores apresenta uma concepção de ensino-aprendizagem de ciências voltada para a investigação e descoberta dos processos científicos, onde as aulas práticas são entendidas como a principal estratégia pedagógica. Destaca a predominância do uso das TDIC para a demonstração e realização de atividades práticas roteirizadas, compreendendo a tecnologia como uma ferramenta para coleta e processamento de dados. Poucos professores enfatizam o papel do ensino de ciências voltado para o entendimento da complexa relação entre economia, ciência e tecnologias, explorando a experimentação e comparação das diversas tecnologias ligadas aos processos científicos e sua aplicação a temas de relevância social, propiciando uma reflexão crítica aos alunos (NIESS et al, 2014).

Espíndola (2010), ao analisar experiências de integração de TDIC por professores universitários das áreas de ciências e da saúde, identificou que as formas de uso das tecnologias estavam relacionadas com a cultura de ensino de suas áreas e com as abordagens pedagógicas que as orientam. Professores da engenharia biomédica, a partir do entendimento da importância do treinamento para a aprendizagem de seus conteúdos, apropriaram-se das TDIC para disponibilizar exercícios através de programas de demonstração matemática e de simulação de atividades práticas. Professores de fisiologia e bioquímica, a partir da necessidade de facilitar a visualização de fenômenos incorporaram recursos audiovisuais, explorando as diferentes possibilidades de formas de representação do conteúdo que as TDIC oferecem. Além disso, desenvolveram atividades de investigação guiada baseadas em artigos científicos e programas de modelagem e bancos de dados, aproximando os alunos da prática de pesquisa destas áreas. Professores da área clínica procuraram utilizar estratégias para abordar a



dimensão biológica somada às dimensões psicológica, social e cultural, propondo alguns estudos de casos por meio de vinhetas clínicas ou depoimentos de pacientes.

Na literatura podemos, ainda, encontrar diversos outros trabalhos que se baseiam no modelo TPACK no âmbito do ensino de ciência, desenvolvendo propostas para o ensino de temáticas específicas, utilizando TDIC específicas, buscando mensurar o conhecimento TPACK dos professores ou traçando relações com outras abordagens do ensino de ciências (OLIVEIRA, 2017).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema conceitual do TPACK relaciona o conhecimento pedagógico, o conhecimento de conteúdo e o conhecimento tecnológico do professor para pensar a integração de tecnologias nas práticas educativas. Por ser um modelo que se pretende genérico para as diversas áreas de conhecimento, é um arcabouço vazio que deve ser significado a cada contexto de estudo particular.

Ao trazer a representação de três grandes domínios, Conteúdo, Pedagogia e Tecnologia em círculos de iguais dimensões, o TPACK sugere uma equidade de cada um destes conhecimentos na integração de tecnologias na educação. No entanto, na revisão realizada, fica evidente que a Tecnologia não é entendida como uma área de conhecimento e sim como uma nova ferramenta de ensino.

Se a tecnologia é entendida como um instrumento para ensinar, por que, então, está representada em um círculo próprio e não dentro do conhecimento pedagógico? A justificativa dos autores Khoeler e Mishra (2008) é a de que as novas tecnologias, que ainda não se tornaram transparentes, merecem ser



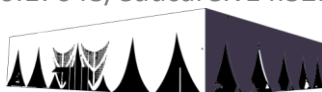
destacadas para evidenciar a necessidade de desenvolvimento de conhecimentos e habilidades no seu uso pedagógico.

Acreditamos que o potencial dessa representação vai além disso e, de maneira contraditória com a própria visão hegemônica dos trabalhos do TPACK, pode ajudar a pensar a integração de tecnologia no ensino de ciências de uma forma menos instrumental.

A integração de TDIC no ensino de Ciências requer o entendimento da Tecnologia como um novo conhecimento, não apenas como um instrumento, mas como um campo que tem sua epistemologia própria, sobre o qual precisamos nos debruçar. Nesse sentido, reforçamos a importância de que a Tecnologia esteja sim representada com um círculo do mesmo tamanho que os demais componentes, não apenas porque ainda não é “transparente”, mas sobretudo para apontar a necessidade de seu estudo para o entendimento de sua natureza e suas profundas relações com as demais áreas e com a educação, em especial a educação científica.

Ao mesmo tempo em que apontamos a necessidade de seu aprofundamento, reconhecemos que cada um desses componentes se refere a um campo de conhecimento inatingível em sua totalidade. Podemos entender o sistema conceitual do TPACK, então, como uma lente que nos ajuda a olhar para a complexidade da integração de TDIC no ensino e para os conhecimentos que estão em jogo neste cenário e, ao mesmo tempo, reivindicar quais conhecimentos precisam ser considerados em processos de formação de professores nos contextos atuais.

Na discussão sobre a importância de cada um dos componentes para o desenvolvimento do TPACK, Khoeler e Mishra (2008) argumentam que não existe algo como um conhecimento puramente de conteúdo, puramente pedagógico ou puramente tecnológico nos contextos de integração de tecnologia no ensino, mas é necessário entendermos que esses domínios se interrelacionam, coexistem, limitam-se e criam-se uns aos outros, numa visão integradora do sistema



conceitual. Em uma visão transformadora, Angeli e Valanides (2015) defendem que há somente um conhecimento emergente, não sendo possível isolar seus componentes quando se trata da prática pedagógica.

Independentemente da visão escolhida, não se justifica um novo modelo conceitual de conhecimento docente, se se considerar a tecnologia apenas como um novo instrumento de ensino, pois, dessa forma, repetiria o PCK proposto por Shulman (1983). Assim, nossa principal crítica ao referencial TPACK é que ele adota essencialmente uma visão instrumental de tecnologia.

Não obstante todas essas considerações, compreendemos que a contribuição do modelo TPACK e dos trabalhos desenvolvidos a partir dele é inserir a questão da tecnologia educativa orientada pelas especificidades do ensino das áreas de conteúdo. Isto implica que sua discussão no ensino de ciências parta do campo de pesquisa desta área, identificando e problematizando o que compõe cada um desses domínios em seu contexto.

A partir deste trabalho, podemos destacar que o TPACK do campo do ensino de ciências vem se constituindo com base na integração das TDIC voltada especialmente para o acesso e análise de dados e fontes de informação, representação e visualização de fenômenos, simulação de eventos com possibilidades de manipulação e observação de variáveis, que são dimensões significativas da prática científica. Além disso, nos estudos analisados, o potencial comunicacional e colaborativo das TDIC também vem sendo explorado. Assim como discutido no âmbito dos estudos teóricos do TPACK, esses trabalhos estão centrados na promoção de um ensino com TDIC, entendendo que a tecnologia entra nesta tríade de conhecimentos como uma potente ferramenta pedagógica que precisa considerar as necessidades das áreas do ensino de ciências. Entendemos, no entanto, que a tecnologia envolve uma relação mais profunda com a educação e com a própria ciência, constituindo um conteúdo em si fundamental para a formação de professores e alunos.



É importante ressaltar que o TPACK não foi concebido como um modelo prescritivo de formação de professores ou de formas corretas de integração das TDIC no ensino em diferentes contextos (SHEFFIELD et al., 2015), não devendo ser, portanto, encarado como uma receita a ser seguida na prática pedagógica. Assim, acreditamos que o modelo TPACK possa ser uma forma de pensar sobre a complexidade envolvida na integração de TDIC no currículo, a qual é fortemente dependente dos contextos reais de aplicação e influenciada por várias discussões de ordem institucional e social.



REFERÊNCIAS

ANGELI, C.; VALANIDES, N. **Technological Pedagogical Content Knowledge: Exploring, Developing, and Assessing TPCK**. Boston: Springer, 2015.

AULER, D.; DELIZOICOV NETO, D. Investigação de temas CTS no contexto do pensamento latino-americano. **Linhas Críticas (Online)**, v. 21, p. 275-296, 2015.

BUAHBENGH-ANDOH, C. Factors influencing teacher's adoption and integration of information and communication technology into teaching: a review of the literature. **International journal of education and development using information and communication technology**, v. 8, n. 1, p. 136-155, 2012.

COELHO, I.; LAPA, A. Pluralidade e agir comunicativo nos protestos brasileiros #contratarifa. In: **5º Congresso Ibero-Americano em Investigação Qualitativa, Investigação qualitativa em Educação**, Porto, 2016. Porto: CIAIQ. 2016.

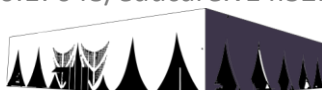
COX, S. **A Conceptual analysis of technological pedagogical content knowledge**. Dissertação (mestrado). Department of Instructional Psychology & Technology. Brigham Young University, 2008.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J.A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos**. São Paulo: Editora Cortez, 2008.

ESPÍNDOLA, M.B. **Integração de tecnologias de informação e comunicação no ensino superior: Análise das Experiências de Professores das Áreas de Ciências e da Saúde com o uso da Ferramenta Constructore**. Tese (Doutorado). Instituto de Bioquímica Médica. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

FEENBERG, A. **Transforming technology: a Critical Theory revisited**. New York: Oxford University Press, 2002.

FLÔR, C. C.; CASSIANI, S. O que dizem os estudos da linguagem na educação científica? **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 11, n.3, p. 67-86, 2011.



GIORDAN, M. **Computadores e linguagens nas aulas de ciências**. Ijuí: Unijuí, 2008.

GREENO, J.G.; COLLINS, A.M.; RESNICK, L.B. Cognition and Learning. In: BERLINER, D. C; CALFEE, R. C. **Handbook of educational psychology**. Lawrence Erlbaum Associates. New York: MacMillan, p. 15-21, 1996.

HARRIS, J.; MISHRA, P.; KOEHLER, M. Teachers' Technological Pedagogical Content Knowledge and learning activity types: Curriculum-based Technology Integration Reframed. **International society for Technology in Education**, vol. 41, n. 4, 2009.

JIMOYIANNIS, A. Designing and implementing an integrated technological pedagogical science knowledge framework for science teachers professional development. **Computers & Education**, v. 55, p. 1259–1269, 2010.

KRAHE, E.D. Sete décadas de tradição ou a difícil mudança de racionalidade da pedagogia universitária nos currículos de formação de professores. In: FRANCO, M.E.D.P; KRAHE, E.D. (orgs.). **Pedagogia Universitária e áreas de Conhecimento**. Porto Alegre: PUCRS, 2007. p.27-38.

KRASILCHICK, M. Reformas e Realidade e o Caso do Ensino das Ciências. **São Paulo em Perspectiva**, v. 14, n. 1, p. 85-93, 2000.

MCCRORY, R. Science, technology, and teaching: The topic-specific challenges of TPCK in science. In: **Handbook of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPCK) for Educators**. New York: Routledge, p. 193-203, 2008.

MERRIENBOER, J.J.G e BRUIN, A.B.H. Research Paradigms and Perspectives on Learning. In: SPECTOR, M.; MERRIL, M.D.; ELEN, J; BISHOP, M.J. (Eds). **The Handbook of Research on Educational Communications and Technology**. New York, NY: Routledge, p. 21-29, 2014.

MISHRA, P.; KOEHLER, M. J. Technological pedagogical content knowledge: a framework for teacher knowledge. **Teachers College Report.**, v. 108, n. 6, p. 1017-1054, 2006.



MORAES, R. (Org.). **Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2000.

MOREIRA, M. C.; MARTINS, I. A recontextualização de discursos da pesquisa em educação em ciências em livros didáticos de ciências: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, vol. 15, n. 2, p.237-257, 2015.

NISS, M. L.; VAN ZEE, E. H.; GILLOW-WILES, H. Knowledge Growth in Teaching Mathematics/Science with Spreadsheets. **Journal of Digital Learning in Teacher Education**, v. 27, n. 2, p. 42–52, 2014.

NISS, M. L. Preparing Teachers to Teach Science and Mathematics with Technology: Developing a Technology Pedagogical Content Knowledge. **Teaching and Teacher Education**, v. 21, p. 509–523, 2005.

OLIVEIRA, M.M. **Conhecimento pedagógico e tecnológico do conteúdo na formação de professores na Educação Científica e Tecnológica**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.

VIEIRA PINTO, Á. **O conceito de Tecnologia**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2005.

PRETTO, NL.; ASSIS, A. Ensaio: cultura digital e educação: redes já! In PRETTO, NL.; SILVEIRA, S. (orgs.). **Além das redes de colaboração: internet, diversidade cultural e tecnologias do poder**. Salvador: EDUFBA, 2008. pp. 75-83.

SANTOS, W. P.; MORTIMER, E. F. Abordagem de aspectos sociocientíficos em aulas de ciências: possibilidades e limitações. **Investigações em Ensino de Ciências** (Online). Rio Grande do Sul, v. 14, n. p. 191-218, 2009. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID214/v14_n2_a2009.pdf. Acesso em: 03/out/2015.

SCHAEFER, A. G.; ANGOTTI, J. A. P. Jogos digitais na apropriação de conhecimentos científicos. **RENOTE. Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 14, n.1, p. 01-10, 2016.



SELWYN, N. **Schools and schooling in the digital age: a critical analysis.** London: Routledge, 2011.

SHEFFIELD, R DOBOZY, E.; GIBSON, D.; MULLANEY, J.; CAMPBELL, C. **Teacher education students using TPACK in science: a case study.** *Educational Media International*. v.52, n. p.227-238, 2015.

SHULMAN, L. S. **Knowledge and teaching: Foundations of the new reform.** Harvard Educational Review. v. 1, n. 22, 1987.

SUGRUE, B. Cognitive Approaches to Web-Based Instruction. In: LAJOIE, S. (Ed.). **Computers as Cognitive Tools: No More Walls.** Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, p. 133–162, 2000.

TONDEUR, J. Van Braak, J.; Sang, G.; Voogt, J.; Fisser, P.; Ottenbreit-Leftwich, A. Preparing pre-service teachers to integrate technology in education: A synthesis of qualitative evidence. *Computers and Education*, v. 59, n. 1, p. 134–144, 2012.

VALENTE, J.A; A proposta da sala de aula invertida. **Pátio: Ensino Fundamental**, v. 18, p. 14-17, 2014.

Recebido em: 17/11/2017

Aprovado em: 14/03/2019

