



## Interações entre os componentes do conhecimento pedagógico do conteúdo no ensino de ciências: revisão da produção acadêmica

Interactions among the components of pedagogical content knowledge in science teaching: a review of academic production

Interacción entre los componentes del conocimiento pedagógico del contenido en la enseñanza de las ciencias: revisión de la producción académica

Castillo-Cabezas, Maria C.<sup>1</sup>; Mackedanz, Luiz F.<sup>2</sup>

---

Castillo Cabezas, M., & Mackedanz, L. (2025). Interações entre os componentes do conhecimento pedagógico do conteúdo no ensino de ciências: revisão da produção acadêmica. *Revista Convergencia Educativa*, (17), 29-49. <https://doi.org/10.29035/rce.17.29>

[Recibido: 25 marzo, 2025 / Aceptado: 20 mayo, 2025]

### RESUMO

Esta revisão de literatura tem como objetivo atualizar o estado da questão relacionado à natureza e à dinâmica das interações entre os componentes do conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) no ensino das ciências, considerando o período de 2008 a 2024. Para isso, foram consultadas bases de dados e periódicos eletrônicos de relevância internacional, como ERIC, Education Database (ProQuest), ProQuest Central, Scopus, SpringerLink, ScienceDirect, Web of Science e o Portal de Periódicos da CAPES. A análise de conteúdo dos estudos selecionados permitiu identificar tendências investigativas que enfatizam, por um lado, a concepção do PCK como um constructo integrado, cujos componentes se inter-relacionam de maneira dinâmica no processo de ensino-aprendizagem das ciências, e, por outro, o papel central da experiência docente na ativação e mobilização desses componentes em contextos reais de ensino. Os resultados evidenciam que compreender o PCK como uma estrutura articulada e fluida contribui para práticas pedagógicas mais eficazes e para o aprimoramento da aprendizagem científica dos estudantes. A síntese das evidências encontradas nesta revisão destaca a importância de abordagens que considerem o caráter holístico do PCK e reforça a necessidade de investigações futuras que explorem a complexidade de suas interações em diferentes níveis de ensino.

**Palavras-chave:** Interação dos componentes PCK, Ensino das ciências, Formação e pensamento docente.

---

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande, Brasil. <https://orcid.org/0000-0003-4086-9686>, [maria.castillo.cabezas@correounivalle.edu.co](mailto:maria.castillo.cabezas@correounivalle.edu.co).

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande, Instituto de Matemática, Estatística e Física, Brasil. <https://orcid.org/0000-0002-0138-0119>, [luis-mackedanz@furg.br](mailto:luis-mackedanz@furg.br).

## RESUMEN

Esta revisión de literatura tiene como objetivo actualizar el estado de la cuestión relacionado con la naturaleza y la dinámica de las interacciones entre los componentes del conocimiento pedagógico del contenido (PCK) en la enseñanza de las ciencias, en el período comprendido entre 2008 y 2024. Para ello, se consultaron bases de datos y revistas electrónicas de relevancia internacional, como ERIC, Education Database (ProQuest), ProQuest Central, Scopus, SpringerLink, ScienceDirect, Web of Science y el Portal de Periódicos de CAPES. El análisis de contenido de los estudios seleccionados permitió identificar tendencias investigativas que enfatizan, por un lado, la concepción del PCK como un constructo integrado, cuyos componentes se interrelacionan dinámicamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, y por otro, el papel central de la experiencia docente en la activación y movilización de estos componentes en contextos reales de enseñanza. Los resultados evidencian que comprender el PCK como una estructura articulada y fluida contribuye a prácticas pedagógicas más eficaces y a la mejora del aprendizaje científico de los estudiantes. La síntesis de las evidencias encontradas en esta revisión destaca la importancia de enfoques que consideren el carácter holístico del PCK y refuerza la necesidad de futuras investigaciones que exploren la complejidad de sus interacciones en distintos niveles educativos.

**Palabras claves:** Interacción de componentes PCK, Enseñanza de las ciencias, Formación y pensamiento docente.

## ABSTRACT

This literature review aims to update the state of the art regarding the nature and dynamics of the interactions among the components of pedagogical content knowledge (PCK) in science teaching, covering the period from 2008 to 2024. To this end, internationally recognized databases and electronic journals were consulted, including ERIC, Education Database (ProQuest), ProQuest Central, Scopus, SpringerLink, ScienceDirect, Web of Science, and the CAPES Journals Portal. Content analysis of the selected studies revealed research trends that emphasize, on the one hand, the conception of PCK as an integrated construct whose components interact dynamically in the science teaching-learning process, and on the other hand, the central role of teaching experience in activating and mobilizing these components in real educational contexts. The findings indicate that understanding PCK as an articulated and fluid structure contributes to more effective pedagogical practices and enhances students' scientific learning. The synthesis of the evidence gathered in this review highlights the importance of approaches that consider the holistic nature of PCK and reinforces the need for future research exploring the complexity of its interactions across different educational levels.

**Key words:** PCK components interaction, Science teaching, Teacher training and thinking.

## INTRODUÇÃO

Os pesquisadores no campo da educação em ciências situam os anos 60 como o início da transformação da formação em ciências para a cidadania, quando os Estados Unidos, para vencer a corrida espacial, fizeram importantes investimentos de recursos humanos e financeiros nunca antes vistos na história da educação, para desenvolver o que é conhecido como projeto de 1ª geração do ensino de Física, Química, Biologia e Matemática para o ensino médio. Esses projetos tinham uma concepção de currículo de cunho conteudista e, portanto, estavam carregados de uma concepção da escola como reprodutora do conhecimento científico e como espaço para formar uma elite que garantisse a hegemonia norte-americana e impulsionasse o progresso da ciência e tecnologia.

Assim, o movimento dos grandes projetos causou mudanças na política governamental nas regiões sob influência cultural norte-americana (países periféricos), como é o caso dos países da América Latina. Além disso, com a modificação do papel da escola, modificou-se a formação do trabalhador, as políticas educativas e a realidade das salas de aula, é assim que os professores são realocados ao centro dos interesses científicos e estudos acadêmicos, concedendo-lhes um status profissional que se traduz em melhorias significativas na prática pedagógica e, claro, na qualidade da educação (Krasilchik, 2000).

A mudança na perspectiva do desenvolvimento profissional implicou também no imaginário que fixava a tarefa de ensino como uma questão técnica, tanto que profissionais com diversas características sociais, educacionais e culturais podem exercer o ensino. Ao contrário da ideia de profissionalização do ofício docente, convida-se a entender o professor como um sujeito de conhecimento original, detentor de conhecimentos específicos relacionados com sua prática pedagógica, trata-se de um conhecimento próprio, distinto e exclusivo de um grupo, conhecimento que legitima o exercício da função profissional.

Desta forma, preocupados em melhorar o desempenho dos docentes e elevar a educação ao estatuto de disciplina profissional prática, foram executadas reformas educativas que visavam à profissionalização do magistério. Assim, uma das ações implementadas pelos programas de formação inicial foi conseguir que os professores alcançassem um desenvolvimento profissional na disciplina para a qual foram credenciados (Shulman, 1986). No entanto, a necessidade de teorizar e estudar o conhecimento profissional produziu novas mudanças, que levaram à identificação e consolidação de aspectos pedagógicos, negligenciando o conhecimento do tema da matéria por vários anos.

Nesse sentido, Shulman (1986), com a intenção de desenvolver um novo quadro teórico para a formação do professor, que ajudasse a superar a dicotomia entre a pedagogia e o conhecimento do conteúdo da matéria, fez três importantes contribuições. O primeiro refere-se à definição de quais são os conhecimentos que fazem parte da formação de um professor; o segundo é o apontamento das fontes que tornam possível sua configuração e desenvolvimento, e o terceiro consiste em propor um modelo de ação e raciocínio pedagógico.

Estas contribuições têm desempenhado um papel fundamental na última década nos estudos realizados dentro da linha de pesquisa sobre a formação de professores em serviço e em exercício. De fato, a tese central da pesquisa de Shulman (1987) é a formulação da Base do Conhecimento para o ensino, necessária para que o professor desempenhe de forma exemplar ao longo de sua prática educativa.

Assim, os pesquisadores no campo da educação em ciências têm usado o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK, acrônimo do inglês Pedagogical Content Knowledge) como um modelo conceitual para melhorar a formação dos professores, para aprimorar o corpo docente em exercício e estão estudando sua influência sobre a aprendizagem dos alunos. Para isso, têm sido realizadas pesquisas empíricas com professores em formação, em serviço e, em menor medida, professores novatos. Múltiplas estratégias de coleta de dados têm sido utilizadas, como a representação do conteúdo (CoRe) e os repertórios de experiência pedagógica e profissional (PaP-eRs), entrevistas, questionários, observação e registro da prática docente em sala de aula.

Por outro lado, nos últimos 10 anos, uma nova perspectiva de pesquisa sobre o PCK ganhou força e direcionou novos focos investigativos. Trata-se do acordo tácito entre os pesquisadores da comunidade de educação científica de que para uma prática docente bem-sucedida e uma estrutura de PCK bem desenvolvida, os professores precisam integrar todos os componentes juntos. Portanto, para apoiar o desenvolvimento do PCK dos professores, os programas de formação docente devem fornecer cursos que enfatizem não apenas a quantidade de conhecimento em componentes constituintes individuais, mas sim o crescimento da conectividade e da complexidade do PCK como um todo.

Agora, dado que o estudo sobre a natureza e a dinâmica da interação entre os componentes pelos quais o PCK é estruturado é uma questão recente e, portanto, não está completamente resolvida, torna-se necessário analisar o que a literatura especializada relata sobre a natureza e a dinâmica da interação entre os componentes do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) para o ensino das ciências, no período compreendido entre 2008 e 2024.

Nesse contexto, busca-se apresentar o panorama dessa área de pesquisa, respondendo à seguinte pergunta: O que a literatura especializada relata sobre a natureza e a dinâmica da interação entre os componentes do PCK para o ensino das ciências, no período compreendido entre 2008 e 2024?

## **MÉTODOS**

Em conformidade com o interesse em explicitar o que a literatura especializada relata sobre a natureza e a dinâmica da interação entre os componentes do PCK para o ensino das ciências, no período compreendido entre 2008 e 2024, esta pesquisa bibliográfica está inserida em uma abordagem qualitativa, mais especificamente trata-se de um estado da arte ou estado do conhecimento.

De acordo com Romanowski e Ens (2006), esta metodologia tem como objetivo realizar levantamentos do que se conhece sobre um determinado tema a partir de pesquisas realizadas em uma determinada área.

Geralmente, é utilizada para realizar um balanço das respectivas áreas de conhecimento, com o propósito de diagnosticar temas relevantes, emergentes e recorrentes, indicar os tipos de pesquisa, organizar a informação existente e localizar as lacunas existentes.

De acordo com, De Almeida Ferreira as pesquisas conhecidas como estado da arte ou estado do conhecimento se definem por “seu caráter bibliográfico, elas parecem trazer em comum o desafio de mapear e de discutir uma certa produção acadêmica em diferentes campos do conhecimento, tentando responder que aspectos e dimensões vêm sendo destacados e privilegiados em diferentes épocas e lugares. Também, são reconhecidas por realizarem uma metodologia de caráter inventariante e descritivo da produção acadêmica e científica sobre o tema que busca investigar” (2002, p. 2)

## **Etapas da pesquisa**

### **Busca e identificação de trabalhos sobre os componentes do PCK**

Tendo isso em mente, neste estado do conhecimento foram considerados artigos publicados no período de 2008 a 2024, que abordaram os temas da natureza e da dinâmica da interação entre os componentes do PCK para o ensino das ciências. Um passo fundamental para a revisão da literatura foi identificar as palavras-chave ou conceitos nucleares relacionados ao tema, sendo as palavras-chave simples e compostas utilizadas: Pedagogical Content Knowledge (PCK), componentes do PCK, mapa do PCK, ensino das ciências. Após identificá-las, foi necessário validar sua existência por meio do Tesouro da UNESCO, realizando a busca em diferentes idiomas, especialmente em inglês, para amplificar o alcance da pesquisa. Outra medida importante durante a busca foi o uso de operadores booleanos (AND, OR, NOT) e o uso de aspas para maior precisão.

Por outro lado, a revisão de literatura aconteceu em dois momentos distintos, primeiramente, foi realizada uma revisão em maio de 2023 nas bases de dados e revistas em formato eletrônico, assinadas, em demonstração ou de acesso aberto na Universidade del Valle Colombia, a saber: ERIC (Centro de Informações de Recursos Educacionais), Education Database (Proquest), ProQuest Central, Scopus, SpringerLink, ScienceDirect e Web of Science. (ver Tabela 1).

Por exemplo, a busca avançada no ScienceDirect, uma das principais bases de dados multidisciplinares, resultou nos seguintes resultados utilizando as seguintes palavras-chave "PCK components", "PCK Maps" e "science teaching" com suas respectivas combinações.

**Tabela 1.** Pesquisa Avançada no ScienceDirect

<b>Termo de busca</b>	<b>Total de artigos encontrados</b>
"PCK Components"	22 resultados
"PCK Maps"	4 resultados
"science teaching"	2,420 resultados
"PCK components" AND "science teaching"	14 resultados
"PCK Components" OR "PCK Maps"	23 resultados

Castillo Cabezas, M., & Mackedanz, L. (2025). Interações entre os componentes do conhecimento pedagógico do conteúdo no ensino de ciências: revisão da produção acadêmica. *Revista Convergencia Educativa*, (17), 29-49. <https://doi.org/10.29035/rce.17.29>

Aqui é importante destacar que foram empregados critérios de seleção inicial para a escolha dos artigos, permitindo filtrar a quantidade e qualidade das informações, a saber: (i) textos que abordassem a interação entre os componentes do PCK no ensino das ciências; (ii) textos publicados entre 2008 e 2024; (iii) artigos provenientes de pesquisas empíricas, revisões sistemáticas, estudos de caso e meta-análises; (iv) artigos que utilizassem métodos quantitativos, qualitativos ou mistos; (v) textos em idioma espanhol e inglês; (vi) artigos publicados em revistas acadêmicas renomadas e com revisão por pares.

De forma similar, foram excluídos artigos duplicados e aqueles que não estavam publicados em revistas acadêmicas ou não eram de fontes confiáveis. Finalmente, não foram considerados artigos que não estavam disponíveis em texto completo ou que exigiam pagamento para acesso.

A pesquisa inicialmente realizada na Colômbia usando fontes de dados locais disponíveis na época para pesquisadores, professores e estudantes da Universidad del Valle, foi relevante e valiosa para o contexto e as necessidades locais. No entanto, a possibilidade de migrar para o Brasil e, portanto, acessar novas bases de dados, motivou uma nova busca que apresentasse esse panorama de pesquisa sob a perspectiva brasileira. Assim, longe de apenas justificar a primeira revisão documental feita na Colômbia, decidiu-se realizar uma consulta preliminar em abril de 2024 no Portal de Periódicos da CAPES usando a palavra-chave "Componentes do PCK" e seguindo as estratégias descritas anteriormente. Obteve-se um total de 75 artigos completos, dos quais 66 foram publicados em periódicos revisados por pares e estão em acesso aberto, distribuídos nas seguintes revistas.

No entanto, o registro bibliográfico mencionado anteriormente abrange áreas temáticas que não são de interesse para esta pesquisa. Como resultado, foi necessário filtrar artigos relacionados com educação matemática, psicologia, inglês, ciências sociais, economia, estudo das emoções, pontuações de avaliação de desempenho educacional docente. Além disso, alguns artigos foram filtrados por abordarem o TPACK como objeto de estudo e outros por, mesmo abordando o PCK, não o fazerem a partir da perspectiva teórico-investigativa de interesse (interações entre os componentes do PCK). Por fim, outros foram filtrados por não estarem em acesso aberto.

É importante mencionar também que essa nova busca de informações permitiu ter uma perspectiva mais ampla deste construto teórico, uma vez que foram identificados 5 novos artigos que não estavam inicialmente contemplados na busca realizada nas bases de dados colombianas, ampliando o corpus textual para 20 artigos.

Cabe destacar que a nova revisão bibliográfica confirma que o estudo das interações do PCK e o design de mapas de PCK no ensino das ciências é uma perspectiva de pesquisa recente e está sendo estudada principalmente nos Estados Unidos e Turquia. Nesse sentido, para abordar os desafios, tendências e práticas educativas da educação em ciências na Colômbia, Brasil e América Latina em geral, é necessário investigar a interação entre os componentes do PCK e sua influência no ensino das ciências, utilizando especialmente mapas de PCK como uma

ferramenta para tornar o PCK mais visível, explícito e acessível, gerando uma contribuição direta para a formação de futuros professores de Ciências, bem como para o ensino fundamental e médio. Neste sentido, a tese de doutorado na qual este artigo se enquadra possivelmente é uma das primeiras deste tipo no contexto latino-americano.

### **Leitura e avaliação dos estudos selecionados**

Outro aspecto importante foi que os estudos que passaram pelo primeiro filtro foram submetidos a uma segunda avaliação, onde o título e o resumo foram revisados cuidadosamente. Quando essas seções não foram esclarecedoras, o problema de pesquisa, a metodologia, especialmente o modelo de PCK utilizado, e os resultados foram revisados minuciosamente.

Quando este tipo de estudo bibliográfico é realizado por mais de um pesquisador, os documentos selecionados geralmente passam por uma avaliação por pares para garantir a qualidade e relevância. Neste caso particular, foram estabelecidos critérios para avaliar a qualidade dos estudos, considerando aspectos específicos como rigor metodológico, representatividade da amostra, consistência e coerência dos resultados com a metodologia e desta com os objetivos da pesquisa, e finalmente se o estudo contribui com novos conhecimentos ou esclarece aspectos relevantes no campo da educação. Assim, foram selecionados 20 artigos que se tornaram o corpus textual desta pesquisa.

É importante ressaltar que esta pesquisa aplicou critérios rigorosos de seleção e exclusão de artigos, com o objetivo de garantir a qualidade e relevância dos estudos incluídos. No entanto, foi notável a escassa informação existente sobre o tema da natureza e dinâmica da interação entre os componentes do PCK para o ensino das ciências. Assim, apesar dos esforços para identificar pesquisas relevantes e significativas no período de estudo, a limitada disponibilidade de pesquisas que abordassem esse tema foi surpreendente. Este achado destaca a necessidade de uma maior atenção e foco nesta área de pesquisa, pois a compreensão da forma de interação entre as componentes PCK e como esta influencia o ensino no campo científico é essencial para o desenvolvimento de práticas pedagógicas eficazes.

### **Esquema de codificação**

Os 20 documentos selecionados foram desfragmentados por meio da Grade de Análise de Artigos (Zambrano et al., 2013). Trata-se de um instrumento de uso internacional, projetado para revisão da literatura e que permite orientar a análise de conteúdo com base nos seguintes critérios:

1. Dados básicos: autores, ano de publicação, revistas, locais de estudo; População estudada, Área disciplinar;
2. Tipo de trabalho: Artigo de pesquisa empírica, Artigo de reflexão, Artigo teórico, Artigo de revisão, Artigo de proposição.
3. Qual problema o documento apresenta?

4. Qual metodologia foi utilizada para o desenvolvimento da pesquisa?
5. Quais foram os resultados obtidos?
6. Conclusões e recomendações
7. Qual é a contribuição para a pesquisa?

Além disso, vale ressaltar que as perguntas estabelecidas anteriormente foram utilizadas não apenas como um esquema de codificação, mas também como categorias pré-estabelecidas para organizar o corpus textual. Os resultados são descritos e discutidos na seção seguinte.

## RESULTADOS

Esta seção está organizada em 2 temas principais, a saber: (i) A natureza das interações entre os componentes do PCK no contexto do ensino de ciências e (ii) O papel da experiência docente à luz das interações entre os componentes do PCK. Em cada um desses temas, o leitor encontrará um breve resumo do objetivo, metodologia e principais resultados, conforme apontados pelo autor da pesquisa, bem como uma reflexão sobre a contribuição dessas pesquisas para o campo da educação em ciências.

### **A natureza e dinâmica das interações entre os componentes do PCK: No contexto do ensino de ciências.**

Neste tema, os pesquisadores enfatizaram o estudo da dinâmica, natureza e interação entre os componentes do PCK a partir de estudos práticos que tratam de conceitos estruturantes da ciência, como fotossíntese, genética e química quântica, abordados no contexto do processo de ensino-aprendizagem-avaliação em nível universitário e do ensino secundário.

Assim, este tema foi abordado sob a perspectiva de Padilla e Van Driel (2011) e Park e Chen (2012). De acordo com Padilla e Van Driel (2011), o interesse estava em determinar quais relações existiam entre o conhecimento da instrução, avaliação, currículo e aprendizagem dos alunos em relação à química quântica. As questões que orientaram esta pesquisa foram: Qual é o conteúdo dos componentes do PCK de professores experientes de universidade na área de química quântica? E que tipo de conexões pode ser encontrado entre esses componentes do PCK?

O desenvolvimento empírico desta pergunta implicou na aplicação individual de uma entrevista semiestruturada a seis professores universitários nos Países Baixos, relacionada aos componentes do modelo PCK, as quais foram gravadas, transcritas e analisadas. Para a análise, foi seguido o modelo de PCK de Magnusson et al., (1999) que consiste em cinco componentes relacionados. Quanto ao processo de codificação, implicou na interpretação e discussão dos fragmentos da entrevista para identificar temas semelhantes, que foram então etiquetados com o mesmo código. Posteriormente, foram calculadas as frequências relativas de cada subcomponente por entrevista.

Finalmente, a análise estatística foi realizada utilizando o software SPSS, o que permitiu realizar uma análise específica de cada gráfico e encontrar grupos de dois ou mais subcomponentes inter-relacionados que

caracterizavam o PCK de um professor. Os resultados mostraram que, embora os professores tenham diferentes imagens de seu conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK), existem certos paralelismos entre eles, parecem ter opiniões quase idênticas sobre pontos importantes ou não eles têm orientações semelhantes em relação ao ensino: a didática e o rigor acadêmico. Outro aspecto importante é que a avaliação foi muito menos relacionada com a compreensão dos alunos, com o currículo e com as estratégias instrucionais. Pelo contrário, foi encontrada uma maior relação entre o conhecimento do currículo, o conhecimento das dificuldades de aprendizagem dos alunos, bem como as estratégias e atividades de ensino.

Na opinião de Park e Chen (2012), há uma necessidade premente de investigar a interação entre os componentes PCK e sua influência no ensino de ciências, especialmente usando mapas de PCK como uma ferramenta para torná-lo mais visível, explícito e acessível. Uma vez que os professores devem ser capazes de integrar todos os componentes PCK de forma coerente para poder planejar e realizar o ensino de maneira eficaz para um grupo específico de alunos em um contexto específico.

Com isso em mente, este estudo propôs responder à seguinte pergunta: Qual é a natureza da integração dos cinco componentes do PCK que afeta a prática docente nas aulas de biologia do ensino médio? Assim, o estudo seguiu uma abordagem qualitativa, onde os participantes foram quatro professores de biologia do ensino médio que trabalhavam no Meio Oeste dos Estados Unidos, ensinando fotossíntese e hereditariedade.

Empiricamente, foram realizadas observações em sala de aula e aplicadas três tipos diferentes de entrevistas semiestruturadas para entender o que os professores sabem e o motivo de suas ações instrutivas. Através da abordagem enumerativa, foram indicadas as conexões entre os componentes utilizando o modelo do pentágono como dispositivo analítico. Para isso, a frequência da conexão entre qualquer par de componentes em todos os episódios do PCK da sessão de ensino foi somada e representada no Mapa PCK. Além disso, seguindo o método de comparação constante, foram identificados padrões comuns que surgiram das entrevistas e observações, permitindo a triangulação metodológica.

Como resultado da análise detalhada dos Mapas PCK e dos padrões comuns, destacam-se cinco características da integração dos componentes PCK: (a) a integração dos componentes era idiossincrática e específica do tema; (b) o Conhecimento da compreensão do aluno e o conhecimento de estratégias e representações instrucionais foram centrais na integração; (c) o conhecimento do currículo de ciências teve a conexão mais limitada com outros componentes; (d) o conhecimento de avaliação estava mais frequentemente conectado com o conhecimento da compreensão do aluno e o conhecimento de estratégias e representações instrucionais.

Estes estudos adquirem um valor preponderante e certamente trarão contribuições para futuras pesquisas nessa linha. Fica claro que o PCK tem sido estudado por mais de 25 anos e, portanto, é compreensível que alguns pesquisadores considerem que o assunto está encerrado e não tem mais nada a oferecer, havendo até mesmo quem pense que após a formulação do modelo TPACK (Technological Pedagogical Content

Castillo Cabezas, M., & Mackedanz, L. (2025). Interações entre os componentes do conhecimento pedagógico do conteúdo no ensino de ciências: revisão da produção acadêmica. *Revista Convergencia Educativa*, (17), 29-49. <https://doi.org/10.29035/rce.17.29>

Knowledge) proposto por Mishra e Koehler (2006), falar sobre PCK não faz mais sentido e é sinônimo de desatualização. No entanto, os autores deste estudo justificam a pesquisa deste corpo de conhecimento ao afirmar que ao identificar as inter-relações entre os componentes PCK, é possível compreender melhor como os professores constroem seu conhecimento e como isso influencia seu ensino. Assim, qualquer teoria que informe sobre o pensamento e a ação docente será sempre significativa e fornecerá implicações para o design de programas de formação docente.

É importante ressaltar que no campo da educação em ciências, vários esforços metodológicos foram feitos para definir e retratar o complexo construto do PCK. No entanto, o modelo hexagonal de Park e Oliver (2008), baseado nos trabalhos de Grossman (1990), Tamir (1988) e Magnusson et al., (1999), traz uma lufada de ar fresco para esta linha de pesquisa. Com este modelo, a interação entre os componentes encontra uma forma de se tornar mais visível, explícita e acessível. Dessa forma, esta nova perspectiva investigativa reconhece que a natureza e a dinâmica da interação entre os componentes do PCK ainda não foram totalmente resolvidas.

Especificamente, a pesquisa de Park e Chen (2012) é uma das pioneiras e mais significativas nesta nova perspectiva investigativa. Ela propõe o estudo do PCK em diferentes temas dentro da mesma disciplina, desenvolvendo empiricamente a abordagem do Mapa PCK, proposto por Park e Oliver (2008), e descreve com maestria o processo metodológico e as técnicas de análise utilizadas para isso.

Para concluir, uma limitação identificada no estudo de Padilla e Van Driel (2011), é que eles identificam o PCK explícito com base na entrevista semiestruturada, ou seja, o que os professores revelam sobre seu pensamento. No entanto, a literatura reconhece que muitas vezes há uma lacuna entre esse conhecimento e a prática. Daí a necessidade de múltiplas fontes de dados e diferentes técnicas que abordem ambos os aspectos.

Chan (2022) analisa de forma detalhada como a abordagem do mapa PCK foi utilizada, adaptada e refinada em 22 estudos de onze regiões geográficas que utilizaram a abordagem do mapa PCK para analisar a integração dos componentes de PCK dos professores de ciências. Algumas das críticas mais significativas e que devem ser consideradas pelos pesquisadores interessados em aplicar este modelo estão relacionadas ao uso da abordagem do mapa PCK, que ainda está atualmente limitado a estudos descritivos em pequena escala, em vez de estudos envolvendo tamanhos de amostra maiores (< 50) com desenhos de estudo de pesquisa mais sofisticados.

Alguns estudos revisados não coletaram dados e não se concentraram no PCK que estava intimamente relacionado às decisões/ações instrucionais dos professores ao longo do ciclo pedagógico de planejamento, execução e reflexão. Sobre isso, Park & Chen, 2012 esclareceram que, ao utilizar a abordagem do mapa PCK, 'as fontes de dados devem incluir observações em sala de aula e entrevistas em combinação com cada observação, abrangendo o ciclo pedagógico completo.

Ao investigar a integração dos componentes de PCK, perguntas que visam o raciocínio pedagógico por trás das práticas instrucionais dos professores em forma verbal/escrita devem ser incluídas. Uma vez que os

Castillo Cabezas, M., & Mackedanz, L. (2025). Interações entre os componentes do conhecimento pedagógico do conteúdo no ensino de ciências: revisão da produção acadêmica. *Revista Convergencia Educativa*, (17), 29-49. <https://doi.org/10.29035/rce.17.29>

professores raciocinam sobre suas decisões/ações, diferentes tipos de conhecimento, incluindo os componentes de PCK, são integrados e interagem entre si para informar suas decisões/ações.

Outros estudos não mantiveram as características metodológicas únicas e a robustez inerentes à abordagem original. Em sua formulação original, a abordagem do mapa PCK analisa dados coletados de múltiplas fontes de dados, primeiro identificando a integração dos componentes de PCK visíveis nas ações dos professores e depois analisando todas as fontes de dados relacionadas, usar múltiplas fontes de dados para desvendar o complexo PCK dos professores é uma maneira razoável de quantificar o grau de conexão entre os componentes de PCK.

Finalmente, é recomendado que futuros estudos utilizando a abordagem do mapa PCK esclareçam vários detalhes metodológicos, como a unidade de análise, e indiquem explicitamente como a triangulação de dados usando múltiplas fontes de dados foi realizada na análise.

Demirdöğen, et al., (2016) descrevem um estudo de caso cujo objetivo é investigar as complexidades do desenvolvimento inicial das orientações para o ensino de ciências, do conhecimento dos aprendizes, das estratégias instrucionais e do conhecimento da avaliação de professores de química em formação. Este estudo revelou que o conhecimento de estratégias instrucionais e os componentes de orientação para o ensino de ciências eram centrais para essa integração. Além disso, esses componentes de PCK foram os únicos que todos os participantes conseguiram traduzir seu conhecimento para seus planos de aula.

A análise dos mapas PCK para natureza da ciência de professores em formação de química pós-intervenção revelou uma progressão de desenvolvimento no PCK dos participantes, desde o conhecimento sobre como ensinar a natureza da ciência até a tradução desse conhecimento em seus projetos de aula. Também se evidencia que como os professores em formação têm pouca experiência de ensino, eles geralmente têm uma eficácia relativamente baixa e, portanto, é esperado que não consigam implementar os componentes do PCK. Estes resultados oferecem mais apoio à visão de que o PCK é um construto que consiste em dimensões de compreensão e implementação Park e Oliver, (2008) e refletem descobertas anteriores de que o aumento do conhecimento em um único componente pode não ser suficiente para estimular a mudança na prática

Estes resultados geram várias implicações, entre as quais se destacam os esforços deliberados e intencionais para direcionar elementos específicos do PCK dos professores em formação podem ser mais eficazes do que abordagens focadas apenas em como ensinar a natureza da ciência. Além, para promover o desenvolvimento do PCK para a natureza da ciência, os professores devem ter oportunidades de estudar como aprendizes, mas também é necessário uma perspectiva de ensino.

Mapulanga et al., (2024) também apresentam um estudo de casos múltiplos, que investigou os componentes do conhecimento pedagógico do conteúdo específico do tópico (TSPCK) que os professores de ciências das escolas secundárias da Zâmbia integram ao refletir sobre as lições de biologia. Os resultados de este estudo mostram que apesar de serem professores novatos de biologia, integraram alguns componentes

Castillo Cabezas, M., & Mackedanz, L. (2025). Interações entre os componentes do conhecimento pedagógico do conteúdo no ensino de ciências: revisão da produção acadêmica. *Revista Convergencia Educativa*, (17), 29-49. <https://doi.org/10.29035/rce.17.29>

TSPCK ao refletirem sobre suas aulas em tópicos específicos como lições. No entanto, à luz da natureza do PCK, os professores integraram os componentes de maneira diferente para a pessoa e o contexto, geralmente professores com alto conhecimento de conteúdo se concentram em comunicar esse conteúdo e tendem a ter poucas integrações entre os componentes do PCK, o que traz implicações para a eficácia do ensino.

Assim, este estudo destaca a necessidade de mais pesquisas sobre o diagnóstico dos componentes do PCK que os professores mais carecem ou têm, e a dificuldade de integrá-los com outros componentes para tópicos específicos, assim como acompanhar quaisquer mudanças na integração do TSPCK dos professores devido à sua reflexão sobre a ação.

Sen (2023), por sua vez, aborda sugestões para analisar os componentes do conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) de professores de ciências e suas interações, e espera-se que essas sugestões facilitem a análise do PCK de professores de ciências, resultando em representações mais precisas do PCK. Assim, da análise da interação destes componentes foi possível estabelecer que os pesquisadores preferiram criar categorias hierárquicas para melhor explicar seus achados sobre as interações entre dois componentes. No entanto, existem dois problemas com tal categorização. Primeiro, não há padrões para criar categorias de interações como fraco, moderado ou forte, pois alguns utilizam linhas tracejadas para interações fracas, linhas retas para interações moderadas, linhas em negrito para interações fortes e linhas mais grossas para as mais fortes, por outro lado, outros estudos invertem esse padrão.

Para evitar o problema de padronização ao categorizar o número de interações entre dois componentes do PCK, pode-se usar a taxa do número de quaisquer duas interações para o número total de interações, como fizeram Suh e Park (2017). Assim, como o número de interações muda de um estudo para outro, é difícil criar categorias padronizadas usando o número de interações; portanto, usar porcentagens é mais significativo para tal padronização.

A principal limitação ao analisar as interações entre os componentes do PCK é a força de uma interação considerando seu conteúdo. Embora as forças de quaisquer duas interações considerando seu conteúdo não sejam as mesmas, elas são assumidas como iguais. Para resolver esse problema, as interações entre os componentes do PCK podem ser analisadas em termos de ideias centrais e periféricas em tópicos específicos, se as interações forem baseadas em ideias centrais, podem ser contadas como 2 interações. Por outro lado, as interações baseadas em ideias periféricas podem ser contadas como 1 interação.

Finalmente os pesquisadores que procuram interações entre os componentes do PCK podem relatar não apenas os mapas PCK das interações entre os componentes do PCK, mas também aqueles componentes individuais do PCK que não têm interações com outros componentes do PCK. Isso ajudará os leitores a entenderem as ações dos professores participantes de forma mais precisa em comparação com os mapas PCK que não informam os leitores sobre os componentes individuais do PCK.

**O papel da experiência docente à luz das interações entre os componentes do PCK.**

Neste eixo, os pesquisadores abordaram o estudo da dinâmica, natureza e interação entre os componentes PCK, enfatizando a experiência docente como a principal fonte de desenvolvimento e construção de conhecimento para o ensino.

Vamos considerar agora o segundo eixo temático com base no que foi relatado por Aydin e Boz (2013), que exploraram como os componentes do PCK de dois professores experientes de química interagem para facilitar o ensino de reações de oxirredução e células eletroquímicas. O estudo adotou uma abordagem interpretativa, utilizando análise secundária e instrumentos como a CoRe e a classificação de cartões para identificar as orientações dos docentes. A análise baseou-se no modelo de Park e Oliver (2008), categorizando episódios em que diferentes tipos de conhecimento docente se inter-relacionavam. Os principais resultados foram: (i) as integrações entre os componentes do PCK são idiossincráticas e dependem do tema ensinado; (ii) algumas interações são simples, enquanto outras são mais complexas; (iii) as interações envolvem compreensão, tomada de decisão, implementação e reflexão. O componente orientação para o ensino de ciências desempenhou um papel central na mediação das decisões dos professores sobre como lidar com dificuldades enfrentadas pelos alunos (Selcan, 2022).

A pesquisa de Aydin et al., (2015) examinou a natureza e o desenvolvimento da interação entre os componentes do PCK em professores em formação e investigou como diferentes contextos (experiência, programas de certificação, mentoria e o uso explícito do PCK) estimulam essa interação. Utilizando uma abordagem qualitativa e interpretativa, os pesquisadores desenvolveram um curso prático enriquecido com mentoria baseado na Representação do Conteúdo (CoRe), incluindo estratégias como microensino, reflexão e suporte educativo. Os participantes eram professores em formação no último semestre de um programa de cinco anos. A análise dos dados utilizou um método dedutivo e comparativo constante, com categorias propostas por Magnusson et al. (1999).

Os principais achados mostraram que: (1) no início do curso, a interação entre os componentes do PCK era fragmentada, mas tornou-se mais integrada ao longo do tempo; (2) o desenvolvimento da interação foi idiossincrático; (3) a maior evolução ocorreu nas conexões entre o conhecimento do currículo e outros componentes, pois, inicialmente, os professores em formação raramente integravam esse conhecimento ao seu PCK; (4) o conhecimento da avaliação não interagiu com as estratégias de ensino, mas teve conexões com outros componentes, como a orientação para o ensino de ciências e o conhecimento dos alunos. A utilização conjunta da mentoria, do PCK e do CoRe favoreceu o crescimento da interação entre os componentes do PCK, embora os professores pudessem conhecer os componentes separadamente sem conseguir integrá-los efetivamente.

Akin e Uzuntiryaki (2018) investigaram a natureza das interações entre os componentes do PCK de professores novatos e experientes no ensino de velocidade de reação e equilíbrio químico, considerando o impacto da experiência docente. A pesquisa adotou um estudo de caso múltiplo, utilizando diversas fontes de dados, como classificação de cartões, entrevistas, observações de ensino e notas de campo. Para análise, foram

empregadas técnicas como abordagem enumerativa, análise em profundidade do PCK explícito e método comparativo constante.

Os principais achados revelaram oito características das interações entre os componentes do PCK: (a) professores novatos tinham orientações amplas e não específicas, dificultando a interação entre componentes; (b) a interação era idiossincrática e dependia do tema ensinado; (c) os mapas PCK dos professores novatos eram fragmentados, enquanto os dos experientes estavam integrados; (d) os professores experientes interagem com mais de dois componentes simultaneamente; (e) o conhecimento dos alunos, do currículo e das estratégias de ensino eram centrais nas interações; (f) professores experientes traduziam melhor seu conhecimento em prática; (g) a autoeficácia docente influenciava a construção das interações; (h) apesar de utilizarem planos de aula e materiais semelhantes, os professores diferiam na forma como conectavam os componentes do PCK. O estudo sugeriu que a falta de experiência docente pode dificultar a integração entre os componentes, mas, por si só, a experiência não garante uma implementação eficaz de estratégias específicas do tema (Selcan, 2022).

O estudo de Gao et al., (2021) sustentou a perspectiva teórica de que o PCK é mais do que a soma de seus componentes, destacando que a integração entre eles contribui para a qualidade do conhecimento pedagógico. Além disso, ressaltou que a reflexão docente influencia o desenvolvimento do PCK. A pesquisa mapeou a interação dos componentes do PCK em uma aula de seleção natural, examinando como os resultados desse mapeamento informaram uma conversa reflexiva sobre a prática docente.

A metodologia incluiu observação não participante, entrevistas antes e depois da aula e análise do PCK explícito para identificar episódios de interação entre componentes. Os principais achados revelaram que: (1) conhecimento de estratégias instrucionais foi o componente mais integrado; (2) conhecimento do currículo foi o segundo mais abordado; (3) conhecimento da avaliação teve poucas conexões com outros componentes; (4) conflitos entre orientação para o ensino de ciências e estratégias instrutivas dificultaram a integração dos componentes. Durante a conversa reflexiva, alguns episódios foram produtivos, facilitando a conexão entre conhecimento de estratégias, currículo e compreensão dos alunos, enquanto outros episódios foram improdutivos, focando apenas em estratégias instrucionais. O estudo enfatizou a importância de desenvolver abordagens eficazes para facilitar reflexões conjuntas produtivas entre educadores.

O estudo de Soysal (2018) explora os componentes do PCK de um professor experiente de ciências e revelar as interações presumidas entre eles. Os achados indicaram que o modelo estrutural de Magnusson et al., (1999) pode orientar a caracterização do PCK, mas professores experientes apresentam conexões que vão além desse modelo, reforçando que o PCK não é apenas a soma de seus componentes.

O componente mais conectado foi o conhecimento do currículo, que teve uma forte relação com o conhecimento da avaliação, destacando o currículo escolar como um fator central na organização do conhecimento docente. Além disso, o estudo demonstrou que diferentes metodologias, como abordagem enumerativa e análise da direcionalidade das interações, podem ser utilizadas para mapear as relações entre os

componentes do PCK. No entanto, devido à complexidade do construto, são necessárias abordagens qualitativas e narrativas detalhadas para capturar sua natureza sofisticada.

## DISCUSSÃO

### **Modelos, métodos e desdobramentos do PCK na pesquisa em Educação em Ciências.**

O construto teórico do PCK, que permite conceituar as categorias de conhecimento dentro da base do conhecimento profissional do professor, teve uma grande projeção e desenvolvimento correspondente na literatura especializada em educação, o que resultou em um crescimento significativo na linha de pensamento e ação docente. No entanto, após esse crescimento efervescente, a expansão de publicações sobre PCK não teve mais a mesma projeção na literatura internacional, evidenciando uma diminuição significativa. Alguns chegaram a pensar que o assunto havia sido superado na educação.

Pelo contrário, essa redução foi motivada pela falta de um enfoque metodológico robusto para descrever a estrutura e organização do PCK dos professores de ciências, uma lacuna que foi resolvida por Park e Chen (2012) com o desenvolvimento da abordagem do mapa de PCK. Esse método permitiu identificar, quantificar e visualizar as complexas interações entre os componentes do PCK que moldam as práticas de ensino dos professores de ciências.

O enfoque do mapa de PCK para analisar a integração dos componentes do PCK dos professores de ciências mostrou-se influente no campo, sendo citado mais de 300 vezes em menos de 10 anos e retomado por um número crescente de estudos que estão alcançando uma nova projeção e expansão da literatura sobre os componentes do PCK. Assim, o modelo de mapas de PCK proposto inicialmente por Park e Oliver (2008) e amplamente desenvolvido por Park e Chen (2012) tem sido utilizado por diferentes grupos de pesquisa localizados principalmente na Turquia e nos Estados Unidos. Quase todos os estudos, exceto o de Padilla e Van Driel (2011), foram estudos qualitativos e de pequena escala, com uma amostra máxima de 6 participantes. Na maioria dos estudos, esses participantes eram professores experientes do ensino secundário, com exceção de Akin e Uzuntiryaki (2018), que compararam professores experientes e novatos para identificar o papel da experiência docente nas interações entre os componentes do PCK no ensino de temas como velocidade de reação e equilíbrio químico. Além disso, todos os estudos foram conduzidos em contextos reais de sala de aula de ciências no nível do ensino secundário e universitário Padilla e Van Driel, (2011), ou durante o desenvolvimento de um curso de prática enriquecido com mentoria baseada no CoRe para professores em formação em química (Aydin et al. 2015).

Neste ponto, vale ressaltar que nenhum dos estudos listados na tabela utilizou o modelo de mapas de PCK para realizar uma pesquisa com abordagem quantitativa, com uma amostra representativa ou em grande escala (>100 professores). A maioria desses estudos se limitou a realizar descrições em vez de analisar as relações causais relacionadas com a integração dos componentes do PCK.

Considerando agora os modelos de PCK, todos os estudos utilizaram modelos de PCK existentes e amplamente relatados na literatura especializada como o modelo de Magnusson et al., (1999), e o modelo do hexágono de Park e Oliver, (2008). Em ambos os modelos, os componentes do PCK que se articulam para um ensino eficaz são 5, a saber: (i) Orientações para o Ensino de Ciências, (ii) Conhecimento da Compreensão dos Alunos em Ciências, (iii) Conhecimento do Currículo em Ciências, (iv) Conhecimento de Estratégias Instrucionais e (v) Conhecimento de Avaliação. Assim, os estudos identificaram o nível de frequência, interação e, em alguns casos, a influência no ensino de ciências quando esses componentes interagem em sua totalidade. Além disso, embora a tabela não o expresse explicitamente, a maioria dos estudos utilizou múltiplas fontes de dados, não apenas em resposta aos princípios de confiabilidade e validade, mas também para fins de triangulação, exceto Padilla e Van Driel (2011), cujo procedimento envolveu a aplicação individual de uma entrevista semiestruturada relacionada aos componentes do modelo PCK, que foram gravadas, transcritas e analisadas.

Um exemplo é a pesquisa de Park e Chen (2012), que se concentrou nos temas da fotossíntese e hereditariedade, ensinados por quatro professores que trabalhavam na mesma escola secundária com os mesmos materiais curriculares. As principais fontes de dados foram observações de aula não participantes, entrevistas semiestruturadas, planos de aula, materiais de ensino e amostras de trabalho dos alunos. Enquanto isso, na pesquisa de Aydin e Boz (2013), os dados foram coletados por meio do uso de uma atividade de classificação de cartões, representação do conteúdo (CoRe), observação, notas de campo e entrevistas estruturadas realizadas após as observações.

Os estudos revisados, em sua maioria, optaram por não depender exclusivamente da observação de aula para identificar a interação entre os componentes do PCK. Pelo contrário, essas observações foram complementadas com entrevistas semiestruturadas antes, durante e após o ensino, proporcionando ao professor a oportunidade de refletir sobre suas práticas em sala de aula. Além disso, também foram comuns os materiais curriculares (plano de aula), buscando assim coletar dados ao longo do ciclo pedagógico de planejamento, implementação e reflexão.

Em menor medida, foram coletados os repertórios de experiência pedagógica e profissional (PaP-eRs) e trabalhos produzidos pelos estudantes ou artefatos produzidos em projetos de ciências. Por outro lado, o que variou significativamente nos estudos foi o processo metodológico utilizado para identificar e determinar a integração dos componentes do PCK. Os estudos que mais se aproximaram do modelo original de mapas de PCK proposto por Park e Oliver (2008), chegando até a superar algumas de suas deficiências, foram Park e Chen (2012); Akın e Uzuntiryaki (2018). Em geral, esses estudos seguiram três abordagens para a análise dos dados, a saber: (1) análise em profundidade do PCK explícito; (2) abordagem enumerativa; e (3) métodos de comparação constante, destacando cinco e oito características da integração dos componentes do PCK.

Os estudos restantes geralmente coletaram informações, identificaram episódios de ensino, codificaram e construíram mapas de PCK que lhes permitiram visualizar a frequência e dinâmica da interação entre os

componentes, e finalmente, a interpretação e discussão que lhes permitiu explicitar algumas características e implicações desse conhecimento e seus componentes específicos. Continuamos nossa análise estabelecendo que, dos estudos apontados, apenas dois abordaram uma abordagem enumerativa. Park, Chen (2012) indicaram as conexões entre os componentes, utilizando o modelo do pentágono como dispositivo analítico. Para isso, eles somaram a frequência da conexão entre qualquer par de componentes em todos os episódios de PCK da sessão de ensino e representaram isso no Mapa de PCK. Por sua vez, Akin, Uzuntiryaki (2018), após realizar uma análise em profundidade do PCK explícito e identificar fragmentos de ensino, utilizaram uma abordagem enumerativa para representar as interações entre os componentes de maneira clara e explícita, conseguindo construir mapas de PCK para o ensino dos temas de velocidade de reação e equilíbrio químico de todos os participantes, como dispositivo analítico. Em contraste, os outros estudos empregaram descrições qualitativas para descrever a natureza da integração entre os componentes do PCK. Outro aspecto importante é que todos os estudos representaram a interação dos componentes do PCK usando o modelo original de mapa de PCK (forma de Pentágono), geralmente projetando mapas para cada professor estudado.

Apesar da extensa e frutífera pesquisa na área, considera-se que esse tema está suficientemente desenvolvido. É relevante destacar que, no campo da educação em ciências, foram feitos diversos esforços metodológicos para definir e retratar o complexo constructo do PCK. No entanto, o modelo hexagonal proposto por Park e Oliver (2008) baseado no trabalho de Grossman (1990), Tamir (1988) e Magnusson, Krajcik e Borko (1999) e aperfeiçoado por Park e Chen (2012), revitaliza essa linha de pesquisa ao oferecer uma nova perspectiva.

Este modelo contribui para ressignificar argumentos como os apresentados por Hashweh (2005, p. 279) que afirma que "o PCK não resulta de um conhecimento profundo em uma única categoria de conhecimento". Em vez disso, é necessário "entender como interação e como sua interação influencia o ensino" (Magnusson et al., 1999, p. 115). Assim, o modelo hexagonal facilita uma maior visibilidade, explicitação e acessibilidade da interação entre os componentes do PCK. Consequentemente, esta nova perspectiva investigativa reconhece que a natureza e a dinâmica da interação entre os componentes do PCK ainda não foram completamente resolvidas.

### **Fortalecendo o PCK na prática: Implicações para programas de formação e currículos de ciências.**

A literatura analisada destaca que uma formação docente eficaz deve ir além da simples transmissão dos componentes do PCK de forma isolada, promovendo espaços de integração significativa entre esses conhecimentos. Os estudos de Padilla e Van Driel (2011) e Park e Chen (2012) mostram que, mesmo entre professores experientes, a integração dos componentes do PCK ocorre de maneira idiossincrática e específica ao tema. Isso implica que os programas de formação docente devem ser sensíveis às particularidades disciplinares e aos contextos de ensino, evitando modelos genéricos que não considerem a diversidade das práticas educativas.

Além disso, os achados revelam a necessidade de que os futuros professores desenvolvam competências para refletir sobre suas próprias práticas pedagógicas. A triangulação metodológica adotada por Park e Chen (2012), combinando observações em sala, entrevistas e análise de materiais didáticos, permitiu evidenciar padrões de interação entre componentes do PCK e reforçou a importância da reflexão sistemática sobre o planejamento, a execução e a avaliação do ensino. Assim, é recomendável que os programas de formação incluam momentos estruturados de análise e discussão das ações docentes, como forma de favorecer a tomada de consciência sobre o uso e a articulação dos componentes do PCK.

No campo do design curricular, os dados indicam que há uma desconexão recorrente entre o conhecimento do currículo e os demais componentes do PCK, o que compromete a coerência das experiências de aprendizagem dos alunos. Para superar essa lacuna, é necessário que os currículos de ciências sejam elaborados de maneira integrada, conectando objetivos curriculares com estratégias de ensino, avaliação e conhecimento prévio dos estudantes. Essa abordagem contribuiria para evitar a fragmentação do ensino e para promover uma prática pedagógica mais contextualizada e centrada no aluno.

Outra implicação importante é o reconhecimento da avaliação como um componente frequentemente marginalizado nas práticas docentes. Tanto Padilla e Van Driel (2011) quanto Park e Chen (2012) apontam que o conhecimento de avaliação apresenta menos conexões com os demais componentes do PCK. Isso exige uma atenção especial na formação inicial e continuada de professores, de modo que a avaliação seja compreendida não apenas como instrumento de medição, mas como parte integrante do processo de ensino-aprendizagem, articulada com as estratégias pedagógicas e o conhecimento da compreensão dos alunos.

Para finalizar, convém destacar que este artigo de revisão apresenta algumas limitações que devem ser consideradas. O recorte temporal adotado, compreendendo o período de 2008 a 2024, pode ter excluído estudos relevantes publicados antes ou após esse intervalo. Além disso, todos os textos analisados estavam disponíveis apenas em inglês, o que limita a inclusão de pesquisas desenvolvidas em outros idiomas e contextos culturais. A maioria das fontes foi acessada por meio de repositórios com acesso restrito, o que pode ter influenciado a composição do corpus ao privilegiar publicações indexadas em bases pagas. Essas condições podem afetar a abrangência, a representatividade do corpus.

## CONCLUSÕES

A maneira de conclusão pode-se destacar que os estudos sobre a natureza e dinâmica da interação entre os componentes PCK para o ensino de ciências optaram por abandonar o uso de estratégias ou abordagens investigativas que levem apenas à categorização dos conhecimentos que deveriam ser incluídos no PCK, caindo na simplificação excessiva desse complexo construto do PCK e suas interações. Esse fato, de certa forma, instiga outros pesquisadores a abrir caminhos menos explorados, pois não basta identificar e caracterizar os componentes PCK, é necessário entender como eles interagem e como essa interação influencia o ensino.

Castillo Cabezas, M., & Mackedanz, L. (2025). Interações entre os componentes do conhecimento pedagógico do conteúdo no ensino de ciências: revisão da produção acadêmica. *Revista Convergencia Educativa*, (17), 29-49. <https://doi.org/10.29035/rce.17.29>

Nesse sentido, os instrumentos frequentemente utilizados pelos pesquisadores para documentar o PCK, como questionários, entrevistas, filmagens de aulas, Core e PaP-eRs, estão sendo adaptados para questionar a dinâmica das interações dos componentes PCK, assim como tem sido estudado o potencial de diversos contextos, como a experiência, os programas de certificação e o uso explícito do PCK, para estimular a interação entre os componentes PCK. Além disso, o papel da reflexão na interação desses componentes, o apoio da mentoria educacional para a prática docente inicial, também estão sendo investigados.

Embora se reconheça os estudos de Shulman, (1987); Grossman, (1990) e Magnusson et al. (1999) como pioneiros desta perspectiva investigativa, a evidência mostra que o modelo proposto por Park e Chan (2012) é atualmente o modelo mais empregado para examinar a interação entre os componentes PCK através da construção de mapas PCK, tornando-o mais visível, explícito e acessível, facilitando a reflexão sobre a prática. Com relação a este ponto, é importante para futuras pesquisas sobre interações e mapas de PCK considerar as críticas levantadas sobre este assunto, sendo uma das significativas: Coletar dados intimamente relacionados às decisões/ações instrucionais dos professores ao longo do ciclo pedagógico de planejamento, execução e reflexão, o que implica realizar observações em sala de aula e entrevistas em combinação com cada observação, abrangendo o ciclo pedagógico completo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akin, F. N., & Uzuntiryaki-Kondakci, E. (2018). The nature of the interplay among components of pedagogical content knowledge in reaction rate and chemical equilibrium topics of novice and experienced chemistry teachers. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(1), 80–105. <https://doi.org/10.1039/c7rp00165g>

Aydin, S., & Boz, Y. (2013). The nature of integration among PCK components: A case study of two experienced chemistry teachers. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(4), 615–624. <https://doi.org/10.1039/c3rp00095h>

Aydin, s. (2012). Examination of chemistry teachers' topic-specific nature of pedagogical content knowledge in electrochemistry and radioactivity. *Research and Practice*, 14, 615-624 <https://www.researchgate.net/publication/316648253>

Aydin, S., Demirdogen, B., Nur Akin, F., Uzuntiryaki-Kondakci, E., & Tarkin, A. (2015). The nature and development of interaction among components of pedagogical content knowledge in practicum. *Teaching and Teacher Education*, 46, 37–50. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2014.10.008>

Baxter, J. A.; Lederman, N. G. (1999). Assessment and measurement of pedagogical content knowledge. In: Gess-Newsome, J.; Lederman, N. G. (Eds.). *Examining pedagogical content knowledge: the construct and its implications for science education* Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers p. 147-161.

Betul & Yezdan, (2019). Interactions between the science teaching orientations and components of pedagogical content knowledge of in-service chemistry teachers. *Chemistry Education Research and Practice*, 21, 95–112. Doi <https://doi.org/10.1039/C9RP00092E>

Chan, K. K. H. (2022). A critical review of studies using the pedagogical content knowledge map approach. *International Journal of Science Education*, 44(3), 487–513. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2035011>

- Castillo Cabezas, M., & Mackedanz, L. (2025). Interações entre os componentes do conhecimento pedagógico do conteúdo no ensino de ciências: revisão da produção acadêmica. *Revista Convergencia Educativa*, (17), 29-49. <https://doi.org/10.29035/rce.17.29>
- De Almeida Ferreira, N. S. (2002). As pesquisas denominadas “estado da arte.” *Educação & Sociedade*, 23(79), 257–272. <https://doi.org/10.1590/s0101-73302002000300013>
- Demirdöğen, B., Hanuscin, D. L., Uzuntiryaki-Kondakci, E., & Köseoğlu, F. (2016). Development and nature of preservice chemistry teachers' pedagogical content knowledge for nature of science. *Research in Science Education (Australasian Science Education Research Association)*, 46(4), 575–612. DOI 10.1007/s11165-015-9472-z
- Gao, S., Damico, N., & Gelfuso, A. (2021). Mapping and reflecting on integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK) for teaching natural selection: A case study of an experienced middle-school science teacher. *Teaching and Teacher Education*, 107. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2021.103473>
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. Teachers College Press, Teachers College: Columbia University.
- Hashweh, M. Z. (2005). Teacher pedagogical constructions: A reconfiguration of pedagogical content knowledge. *Teachers and Teaching*, 11(3), 273–292. <https://doi.org/10.1080/13450600500105502>
- Krasilchik, M. (2000). Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. *São Paulo em Perspectiva*, 14(1), 85-93. <https://doi.org/10.1590/s0102-88392000000100010>
- Lee, E., & Luft, J. A. (2008). Experienced secondary science teachers' representation of pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1343- 1363. <https://doi.org/10.1080/09500690802187058>
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, source, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In Gess-Newsome & Lederman (Eds.), *PCK and Science Education* (pp. 95-132). Netherlands.
- Mapulanga, T., Ameyaw, Y., Nshogoza, G., & Bwalya, A. (2024). Integration of topic-specific pedagogical content knowledge components in secondary school science teachers' reflections on biology lessons. *Discover Education*, 3(1), 1–19. Doi:10.1007/s44217-024-00104-y
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: a framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Padilla, K., & Van Driel, J. (2011). The relationships between PCK components: the case of quantum chemistry professors. *Chemistry Education Research and Practice*, 12, 367–378. <https://www.rsc.org/cerp>
- Park, S., & Chen, Y. C. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(7), 922–941. <https://doi.org/10.1002/tea.21022>
- Park, S., & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261–284. <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9049-6>
- Romanowski, J. P., & Ens, R. T. (2006). As pesquisas denominadas do tipo "estado da arte" em educação. DOAJ (DOAJ: Directory of Open Access Journals). <https://doaj.org/article/1f9997d7de6a45648adb3972ca6f8252>

Castillo Cabezas, M., & Mackedanz, L. (2025). Interações entre os componentes do conhecimento pedagógico do conteúdo no ensino de ciências: revisão da produção acadêmica. *Revista Convergencia Educativa*, (17), 29-49.

<https://doi.org/10.29035/rce.17.29>

Selcan. (2016). Examination of interaction between pre-service chemistry teachers' pedagogical content knowledge and content knowledge in electrochemistry. thesis submitted to the graduate school of natural and applied sciences of middle east technical university. <https://doi.org/10.33902/JPR.2022.165>

Selcan, B., & Boz. (2022). Examination of interaction between pre-service chemistry teachers' pedagogical content knowledge and content knowledge in electrochemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 24. <https://doi.org/10.33902/JPR.2022.165>

Sen, M. (2023). Suggestions for the analysis of science teachers' pedagogical content knowledge components and their interactions. *Research in Science Education (Australasian Science Education Research Association)*, 53(6), 1081-1095. Doi:10.1007/s11165-023-10124-7

Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15, 4-14.

Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.

Soysal, Y. (2018). An exploration of the interactions among the components of an experienced elementary science teacher's pedagogical content knowledge. *Educational Studies*, 44(1), 1-25. <https://doi.org/10.1080/03055698.2017.1331839>

Suh, J., & Park, S. (2017). Exploring the relationship between pedagogical content knowledge (PCK) and sustainability of an innovative science teaching approach. *Teaching and Teacher Education*, 64, 246-259. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.01.021>

Strauss, A., & Corbin, J. M. (1990). Basics of qualitative research: Grounded theory procedures and techniques. Sage Publications, Inc.

Tamir, P. (1988). Subject matter and related pedagogical knowledge in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 4(2), 99-110. [https://doi.org/10.1016/0742-051x\(88\)90011-x](https://doi.org/10.1016/0742-051x(88)90011-x)

Zambrano, A., Salazar, T., Candela, B., & Villa, L. (2013). Las líneas de investigación en educación en ciencias en Colombia. *Revista EDUCyT*, 7, 78-109

## Datos de correspondencia

---

María Camila Castillo Cabezas

Universidade Federal do Rio Grande (FURG)

Brasil

Professor Auxiliar da Universidade del Valle/Cali, Colombia.

ORCID : <https://orcid.org/0000-0003-4086-9686>

Email: [maria.castillo.cabezas@correounivalle.edu.co](mailto:maria.castillo.cabezas@correounivalle.edu.co)



Esta obra está bajo una Licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.