OPEN ACCESS

ESCOLA DE HUMANIDADES
PUCRS

EDUCAÇÃO POR ESCRITO

Educação por escrito, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 1-18, jan.-dez. 2026
e-ISSN: 2179-8435

ARTIGOS

Desafios e potencialidades do Conhecimento Tecnológico Pedagógico do Conteúdo (TPACK) no ensino de engenharia: uma síntese da literatura sobre a integração de tecnologias na prática docente

Challenges and Potential of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) in Engineering Education: a synthesis of the literature on the integration of technologies in teaching practice

Alessandra Santos de Paula[1]
orcid.org/0009-0009-2032-476X
alessandrapaula.aluno@unipampa.edu.br

Fernanda Gobbi de Boer Garbin[1]
orcid.org/0000-0001-9398-3429
fernandagarbin@unipampa.edu.br

Recebido em: 14 jul. 2026.
Aprovado em: 14 set. 2026
Publicado em: 17 nov. 2026.

Resumo: Este estudo apresenta uma revisão sistemática da literatura que mapeia os desafios e as potencialidades percebidos por docentes de engenharia na integração de tecnologias digitais às práticas pedagógicas, à luz do modelo *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK). A revisão foi conduzida conforme o protocolo *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA), com buscas nas bases Scopus e Web of Science, considerando artigos publicados entre 2019 e 2026. Após as etapas de identificação, triagem e elegibilidade, o *corpus* foi composto por nove estudos. Os resultados mostraram que os desafios envolvem dificuldades na articulação entre conhecimentos tecnológicos, pedagógicos e de conteúdo, limitações de infraestrutura institucional, lacunas na formação docente, restrições de tempo e preocupações éticas relacionadas ao uso da inteligência artificial. Em relação às potencialidades, constataram-se oportunidades associadas ao aumento do engajamento discente, à visualização de conceitos complexos, ao aprimoramento do planejamento pedagógico, à automação de tarefas, ao feedback contínuo e ao desenvolvimento de competências docentes. Conclui-se que o modelo TPACK constitui um referencial relevante para compreender e orientar a integração pedagógica das tecnologias digitais no ensino de engenharia e que o reduzido número de estudos evidencia uma lacuna na literatura, reforçando a necessidade de novas pesquisas em diferentes contextos educacionais.

Palavras-chave: Engenharia. TPACK. Tecnologias digitais. Desafios. Potencialidades.

Abstract: This study presents a systematic literature review that maps the challenges and opportunities perceived by Engineering educators in integrating digital technologies into their pedagogical practices, through the lens of the Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) framework. The review was conducted following the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) protocol, with searches performed in the Scopus and Web of Science databases, considering articles published between 2019 and 2026. After the identification, screening, and eligibility stages, the final *corpus* comprised nine studies. The findings revealed that the main challenges include difficulties in articulating technological, pedagogical, and content knowledge, limitations in institutional infrastructure, gaps in teacher education, time constraints, and ethical concerns related to the use of artificial intelligence. Regarding the opportunities, the review identified benefits associated with increased student engagement, enhanced visualization of complex concepts, improved pedagogical planning, task automation, continuous feedback, and the development of teachers' professional competencies. The study concludes that the TPACK framework provides a valuable theoretical basis for understanding

Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob a licença CC-BY 4.0, que permite a cópia e redistribuição do material em qualquer formato e para qualquer finalidade, desde que a autoria original e os créditos de publicação sejam mantidos.

[1] Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Bagé, RS, Brasil.

and guiding the pedagogical integration of digital technologies in Engineering education. Furthermore, the limited number of studies identified highlights a gap in the literature, reinforcing the need for further research across diverse educational contexts.

Keywords: Engineering. TPACK. Digital technologies. Challenges. Potential.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, os avanços em softwares, hardware e inteligência artificial (IA) têm provocado um processo de transformação digital que exige mudanças profundas na educação (Broo; Kaynak; Sait, 2022). Tecnologias emergentes, como IA, *big data* e *machine learning*, têm se fortalecido no mundo do trabalho e impulsionado mudanças econômicas e sociais, evidenciando a importância da educação na formação de profissionais preparados para esse cenário (Oliveira, 2019).

Dentro desse contexto, os cursos superiores de engenharias são diretamente impactados pelas Revoluções Industriais em curso. A Indústria 4.0 caracteriza-se pela integração de sistemas ciberfísicos (*cyber-physical systems* – CPS) na manufatura e na logística e da Internet das Coisas e Serviços em processos industriais, conforme a National Academy of Science and Engineering (Acatech, 2013), enquanto a Indústria 5.0 é centrada no ser humano e em suas habilidades técnicas e humanísticas (Tonini; Pereira, 2026), além de promover a sustentabilidade e a resiliência (Broo; Kaynak; Sait, 2022).

Nesse contexto, os profissionais da engenharia assumem papel fundamental no desenvolvimento de soluções voltadas ao atendimento das demandas da sociedade e à construção de um futuro mais sustentável (Oliveira, 2019). Apesar do avanço acelerado das tecnologias digitais e das demandas das Indústrias 4.0 e 5.0, o ensino de engenharia ainda apresenta desafios em integrar essas tecnologias de forma crítica, contextualizada e pedagogicamente significativa.

Assim, o ensino de engenharia precisa ser repensado. Essa necessidade de mudança nas abordagens educacionais é reconhecida tanto pela indústria como pela academia (Broo; Kaynak; Sait, 2022). O modelo tradicional, centrado apenas na transmissão técnica e fragmentada dos conteúdos, torna-se insuficiente para preparar os profissionais capazes de atuar em contextos complexos, digitais e integrados (Broo; Kaynak; Sait, 2022). Em consonância com esta necessidade, as Diretrizes Curriculares Nacionais de Engenharia (DCNs de Engenharia) – Resolução nº 2, de abril de 2019 (Brasil, 2019) – ampliaram a flexibilidade curricular das Instituições de Ensino Superior (IES) ao priorizar currículos mais dinâmicos organizados por competências, projetos, eixos temáticos e atividades integradoras, favorecendo práticas inovadoras de ensino.

As DCNs também redefiniram o perfil do egresso, que passou a ser requerido como um profissional crítico, reflexivo, criativo, colaborativo e apto a atuar em contextos complexos e multidisciplinares (Oliveira, 2019). É importante ressaltar que, embora as DCNs enfatizem competências, interdisciplinaridade e inovação pedagógica, muitos docentes dos cursos de engenharia possuem formações predominantemente técnicas, o que pode dificultar a articulação entre conhecimentos tecnológicos, pedagógicos e de conteúdo (Fahadi; Khan, 2022; Nguyen *et al*., 2024; Oliveira, 2019; Wen; Yang; Bungbua, 2025).

Nessa direção, Santos e Machado (2019) defendem que as tecnologias digitais são ferramentas importantes para a educação do século XXI, independentemente da idade e dos contextos, tornando as aulas mais dinâmicas e favorecendo tanto o planejamento docente quanto o fortalecimento das relações interpessoais e a formação de cidadãos preparados para os desafios da sociedade contemporânea.

O relatório *Thriving in a digital world*, da Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD, 2019), destaca que o uso de tecnologias digitais em sala de aula favorece o desenvolvimento de competências digitais, além de possibilitar um ensino personalizado, permitindo que os alunos se desenvolvam em seus próprios ritmos.

Nessa mesma linha, o relatório *Global education monitoring*, da Organização das Nações

Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco, 2023), destaca que o ensino superior é um dos níveis educacionais mais impactados pela adoção de tecnologias digitais, com uso de plataformas online, ambientes virtuais de aprendizagem e recursos digitais. Embora os avanços tecnológicos estejam transformando a educação de forma acelerada, apenas inserir as tecnologias não garante melhorias no processo de ensino e aprendizagem. Sua efetividade depende de um planejamento pedagógico intencional (Unesco, 2023).

O relatório também destaca que muitos docentes ainda se sentem inseguros e despreparados para integrar essas tecnologias às práticas pedagógicas (Unesco, 2023).

2 MODELO TPACK

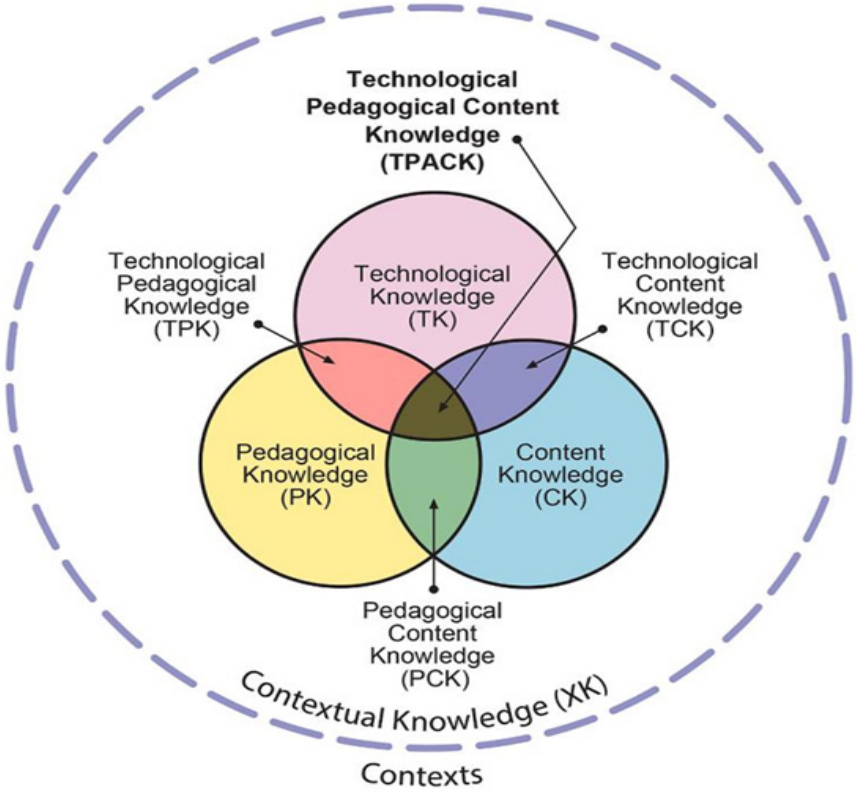
O modelo *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) dialoga com esse contexto ao reconhecer que a integração de tecnologias digitais no ensino exige que os docentes desenvolvam competências que ultrapassem o domínio apenas do conteúdo específico. O professor passa a precisar integrar conhecimentos tecnológicos, pedagógicos e disciplinares para construir práticas de ensino alinhadas às demandas contemporâneas da educação e da formação em engenharia (Mishra; Koehler, 2006; Oliveira, 2019).

Proposto por Mishra e Koehler (2006), com base nos estudos de Shulman (1986), o TPACK incorpora a dimensão tecnológica ao conhecimento pedagógico do conteúdo, buscando compreender como os docentes integram tecnologias digitais ao conteúdo e à pedagogia de forma significativa no processo de ensino e aprendizagem. Em sua atualização mais recente, Petko, Mishra e Koehler (2025) acrescentaram o conhecimento contextual (XK), destacando que o conhecimento docente é influenciado pelos diferentes ambientes, relações e condições educacionais. Esse contexto pode ser analisado em três níveis: micro, relacionado à sala de aula e às características dos estudantes; meso, referente à instituição de ensino; e macro, associado às transformações sociais e tecnológicas.

O TPACK consiste em três conhecimentos e suas intersecções: o conhecimento de conteúdo (CK), relacionado ao domínio do conteúdo específico; o conhecimento pedagógico (PK), referente às metodologias e práticas de ensino; e o conhecimento tecnológico (TK), relacionado ao domínio e uso das tecnologias digitais. A interação entre esses conhecimentos origina as intersecções do conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK), relacionado ao saber didático de explicar um conteúdo difícil, tornando-o compreensível; o conhecimento tecnológico do conteúdo (TCK), referente à escolha de qual tecnologia digital utilizar para abordar um conteúdo específico; o conhecimento tecnológico pedagógico (TPK), referente à dinâmica em sala de aula por meio de tecnologias digitais; e, no centro dessas interações, o conhecimento pedagógico do conteúdo tecnológico (TPCK), entendido como a integração equilibrada entre o conteúdo, a pedagogia e a tecnologia (Mishra; Koehler, 2006).

Para Mishra e Koehler (2006), o conhecimento tecnológico é importante na formação geral do professor e, à medida que as tecnologias digitais mudam, este conhecimento deve ser atualizado.

Figura 1 – Modelo TPACK atualizado (2025)



Fonte: Petko, Mishra e Koehler (2025, p. 4).

Nos cursos de engenharias, o modelo TPACK torna-se relevante, pois pressupõe que o docente compreenda como a tecnologia digital pode contribuir, de forma intencional, para o ensino de conteúdos específicos (Fahadi; Khan, 2022; Orozco-Rodríguez; Vera-Soria; Vera-Soria, 2023). Assim, as tecnologias deixam de ser utilizadas apenas como recursos instrumentais e passam a integrar o planejamento pedagógico, articulando conhecimentos tecnológicos, pedagógicos e de conteúdo para o desenvolvimento de práticas de ensino mais inovadoras, interativas e contextualizadas (Mishra; Koehler, 2006; Orozco-Rodríguez; Vera-Soria; Vera-Soria, 2023).

Por último, o modelo TPACK também possibilita analisar os desafios e potencialidades da integração de tecnologias no ensino superior. Muitos dos desafios enfrentados podem estar relacionados à formação docente, à insegurança no uso das tecnologias e à escolha de metodologias adequadas à articulação entre teoria e prática e, dessa forma, podem comprometer o desenvolvimento do modelo TPACK (Mishra; Koehler, 2006). Por outro lado, possibilidades podem surgir por meio de práticas inovadoras, metodologias ativas, simulações e ambientes virtuais, fortalecendo a integração entre tecnologias, pedagogia e conteúdo.

Durante a pesquisa, na etapa de triagem, foram encontrados 6 artigos de revisões de literatura, sendo 1 análise bibliométrica (Zou *et al.*, 2022), 3 revisões sistemáticas seguindo o protocolo *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* – PRISMA (Cai; Zhu; Ma, 2025; Surahman; Wang, 2023; Yim; Su; Wegerif, 2025), 1 revisão de escopo (Barbosa *et al.*, 2024) e uma revisão sistemática com codificação axial (Chai, 2019). É importante ressaltar que a presente revisão sistemática de literatura se diferencia dos artigos encontrados pela especificidade de seu

sujeito e foco de pesquisa.

A primeira diferença relevante diz respeito ao sujeito e ao nível de ensino investigado. Dentre os artigos, 3 investigam professores da educação básica, especialmente em contextos *Science, Technology, Engineering and Mathematics* (STEM) e *Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics* (STEAM) (Chai, 2019; Surahman; Wang, 2023; Yim; Su; Wegerif, 2025). Esta pesquisa concentra-se em professores de engenharia no Ensino Superior, o que representa um contexto com características pedagógicas, tecnológicas e institucionais próprias.

Uma segunda diferença está relacionada ao objeto de análise das revisões anteriores. Por exemplo, um artigo realiza uma análise bibliométrica sobre a evolução global do framework TPACK (Zou *et al.*, 2022), ou seja, estuda tendências e produções científicas sobre o TPACK no mundo. Já outro artigo tem foco mais tecnológico e computacional (Barbosa *et al.*, 2024), com análise de algoritmos e sistemas para aprendizagem adaptativa. Este estudo procura mapear as percepções dos docentes e o fator humano frente aos desafios e às potencialidades encontrados para entender a adoção de tecnologias digitais.

Por último, um artigo foca especificamente na IA como suporte à aprendizagem interdisciplinar (Cai; Zhu; Ma, 2025). A presente revisão não se concentra em uma tecnologia específica, mas busca mapear as percepções docentes frente ao uso das tecnologias digitais de maneira ampla, considerando seus desafios e potencialidades na integração em suas práticas pedagógicas nos cursos de engenharia.

Dessa forma, observa-se a ausência de uma síntese voltada às percepções de docentes dos cursos de engenharia no Ensino Superior sobre a integração de tecnologias digitais à luz do TPACK, especialmente quanto aos desafios e às potencialidades desse processo. Nesse contexto, a presente revisão sistemática da literatura tem como objetivo mapear os desafios e as potencialidades percebidos pelos docentes dos cursos de engenharia na incorporação de tecnologias digitais em suas práticas pedagógicas, à luz do modelo TPACK. A revisão sistemática foi orientada pelo protocolo PRISMA, o qual é descrito na próxima seção de metodologia. Na sequência, o documento apresenta as seções de resultados e discussões e, por fim, as considerações finais.

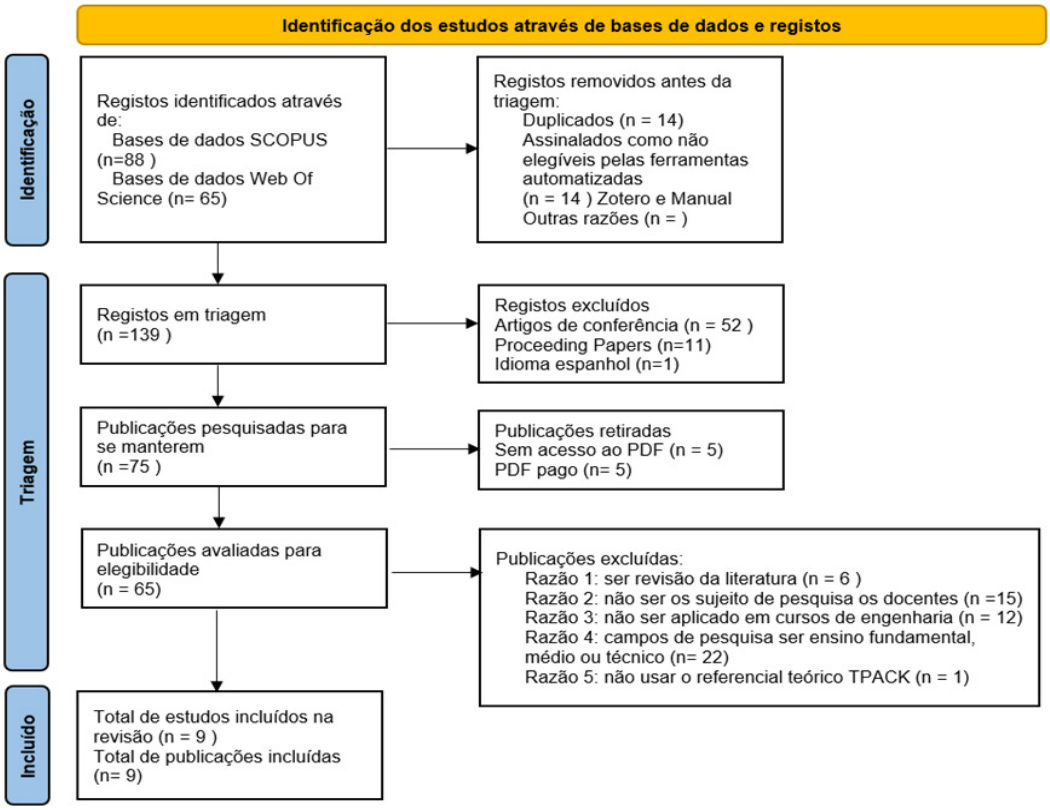
3 METODOLOGIA

A metodologia escolhida neste artigo foi a Revisão Sistemática de Literatura, com foco em artigos acadêmicos revisados por pares. A escolha dessa metodologia justifica-se pela possibilidade de identificar, selecionar e analisar, de forma organizada, produções científicas relevantes sobre a temática.

A revisão sistemática da literatura foi conduzida com base no protocolo PRISMA, por ser um método que contribui para a transparência, a organização e o rigor metodológico no processo de identificação, seleção, elegibilidade e inclusão dos estudos científicos (Page *et al.*, 2021). O protocolo possibilita maior confiabilidade e reprodutibilidade da pesquisa, permitindo explicitar os critérios adotados em cada etapa da revisão sistemática.

O protocolo PRISMA foi dividido em identificação, por meio do mapeamento nas bases de dados; triagem, realizada pela leitura dos resumos e seleção dos artigos mediante critérios de exclusão como duplicidades; e elegibilidade, na qual foi realizada uma leitura mais aprofundada e a aplicação de critérios de inclusão e exclusão para a formação do *corpus de análise*. A Figura 2 mostra o fluxograma do PRISMA 2020.

Figura 2 – Fluxograma PRISMA 2020



Fonte: Elaborada pelas autoras (2026).

A seguir, são apresentadas as etapas que compõem o processo de revisão. São descritas as etapas de identificação, triagem, elegibilidade e procedimentos de análise.

3.1 Identificação

As bases de dados pesquisadas foram a Scopus e a Web of Science. Essas bases são amplamente reconhecidas na comunidade científica internacional devido ao rigor dos critérios de indexação, à abrangência multidisciplinar e à predominância de periódicos revisados por pares, fatores que contribuem para a confiabilidade e qualidade das pesquisas desenvolvidas.

Em 20 de abril de 2026, na plataforma da Scopus, foi realizada a pesquisa mediante a string '(TPACK *OR technological pedagogical content Knowledge*) *AND* (*engineering*)' dentro do filtro *Article, Title, abstract, Keywords*. O recorte temporal compreendeu o período de 2019 até 2026, abrangendo as áreas de engenharia e multidisciplinaridade, artes e humanidades. Considerou-se o ano de 2019 como marco inicial devido à alteração das Diretrizes Curriculares Nacionais das Engenharias neste ano. A busca resultou em 88 publicações, sendo 52 artigos de conferência e 36 artigos científicos. Os idiomas selecionados foram inglês e português. No entanto, os artigos de conferência foram excluídos por apresentarem, em muitos casos, caráter preliminar e impacto científico relativamente limitado em comparação aos artigos publicados em periódicos revisados por pares, os quais oferecem maior confiabilidade e validade para compor o *corpus* da revisão sistemática da literatura (Lisée *et al*., 2008).

Ademais, na plataforma Web of Science, utilizando a mesma *string* e o mesmo período, em 23 de abril de 2026, foram encontrados 65 artigos. Os filtros de áreas abrangeram áreas equivalentes, como engenharia, pesquisa educacional, ciência da computação e tecnologia, artes e humanidades e ciências sociais. Os idiomas selecionados

foram o inglês e o português.

Quanto ao tipo de documento, foram considerados artigos científicos revisados por pares, priorizando documentos do tipo *Article* e *Review Article*. Os artigos classificados como *Early Access* também foram incluídos, por já terem passado pelo processo de revisão por pares. Já os *Proceedings Papers* foram excluídos da análise, por não garantirem, de forma consistente, o mesmo rigor no processo de revisão por pares em comparação aos artigos publicados em periódicos científicos. Assim, foram encontrados 54 artigos, sendo 53 em inglês e 1 em português.

3.2 Triagem

Na etapa de triagem, os artigos foram organizados em planilha e analisados previamente a partir dos títulos, resumos e palavras-chave. Foram removidos os artigos em duplicidade, os artigos em idiomas não selecionados, os tipos de publicação inadequados e os artigos sem acesso ao arquivo em *Portable Document Format* (PDF) ou com acesso pago, com o objetivo de verificar a relevância dos estudos para a temática da revisão.

Nesta etapa, constatou-se que 14 artigos estavam em duplicidade. Do total de 153 artigos (88 da Scopus e 65 da Web of Science), restaram 139 artigos. Além disso, identificaram-se 52 artigos de conferência, 11 artigos classificados como *Proceedings Papers*, 5 sem acesso ao arquivo, 5 com acesso pago e 1 em idioma espanhol. Após a exclusão desses artigos, restaram 65 artigos avaliados para a etapa de elegibilidade. Após leitura integral dos 65 artigos elegíveis, 56 foram excluídos por não atenderem aos critérios da pesquisa, resultando em um *corpus* final de 9 estudos.

3.3 Elegibilidade

Nesta etapa, a análise foi realizada de forma mais profunda, por meio da leitura completa dos artigos. O objetivo foi verificar se os estudos realmente atendiam aos critérios estabelecidos para a revisão. Os artigos que não se adequavam ao objetivo da pesquisa foram excluídos mediante os critérios de inclusão e exclusão apresentados no Quadro 1.

QUADRO 1 – Critérios de inclusão e exclusão

Critérios de inclusão
Uso do referencial teórico TPACK
Ensino superior
Área de engenharia
Uso de tecnologias digitais como práticas pedagógicas
Docentes como sujeitos de pesquisa
Tecnologias digitais associadas ou não às metodologias ativas
Percepções docentes em relação ao uso das tecnologias digitais
Potencialidades/benefícios docentes em relação ao uso das tecnologias digitais
Critérios de exclusão
Não usar o referencial teórico TPACK
Ensino fundamental, médio ou técnico
Artigos em duplicidade
Ser revisão de literatura
Discentes como sujeitos de pesquisa
Sem acesso ao PDF do artigo
Artigos de conferência
Fora da temática

Fonte: Elaborado pelas autoras (2026).

Observou-se, durante a leitura aprofundada dos artigos, que um artigo fazia referências a autores que utilizaram o modelo TPACK em suas pesquisas, porém este artigo não aplicou o modelo TPACK em sua própria investigação. Diante disso, optou-se por excluí-lo do *corpus* de análise por não atender ao critério de usar o referencial teórico TPACK.

Ao final das etapas, o *corpus* de análise resultou em 9 artigos acadêmicos considerados relevantes para a temática da pesquisa, por meio da revisão sistemática da literatura.

3.4 Procedimentos de análise dos dados

Após a definição do *corpus* de análise, os artigos foram analisados qualitativamente por meio de categorização. Inicialmente, foram definidas categorias a priori com base no referencial teórico

TPACK e nos objetivos da pesquisa, especialmente relacionadas aos desafios e às potencialidades da integração de tecnologias digitais no ensino de engenharia.

Durante a leitura dos artigos, também foram identificadas categorias emergentes, permitindo incorporar aspectos recorrentes não previstos inicialmente. Durante a leitura aprofundada dos artigos, observou-se recorrência de aspectos relacionados às competências docentes, ao planejamento pedagógico e às tecnologias digitais, os quais passaram a constituir categorias emergentes da análise.

Os artigos foram organizados conforme as categorias identificadas, buscando mapear padrões, recorrências e percepções docentes relacionadas ao uso das tecnologias digitais nas práticas pedagógicas. A análise foi organizada em seis categorias, sendo três definidas a priori com base no modelo teórico TPACK e nos objetivos do estudo — Modelo TPACK, Desafios Docentes e Potencialidades Docentes — e três categorias emergentes provenientes da análise dos estudos — Competências Docentes, Planejamento e Tecnologias Digitais. As categorias a priori contemplam a integração entre conhecimentos tecnológico, pedagógico e de conteúdo, bem como as barreiras e possibilidades relacionadas à integração das tecnologias digitais. Já as categorias emergentes foram elaboradas a partir das leituras aprofundadas e evidenciam aspectos relativos ao desenvolvimento de competências docentes, ao planejamento pedagógico e ao uso de tecnologias digitais nas práticas de ensino. Os estudos selecionados em língua inglesa foram traduzidos com o auxílio do Google Tradutor para apoiar o processo de leitura e análise dos dados, sendo as traduções conferidas durante a etapa de coleta e interpretação das informações.

Além da análise qualitativa, realizou-se um mapeamento por meio de gráficos dos estudos selecionados, considerando aspectos como distribuição temporal das publicações, periódicos e países de origem.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O processo de seleção dos estudos foi conduzido conforme as etapas previstas pelo protocolo PRISMA, resultando na composição do *corpus* final da revisão. O processo de seleção resultou em um *corpus* composto por 9 artigos, conforme o Quadro 2. Na etapa analítica, foram produzidos gráficos e quadros para caracterizar os estudos selecionados, contemplando aspectos como distribuição temporal das publicações, áreas do conhecimento e países de origem dos trabalhos.

QUADRO 2 – Síntese do *corpus* de análise

Título	Autor(es)	Ano de publicação
Exploring the role of AI and teacher competencies on instructional planning and student performance in an outcome-based education system	Wafa Naif Alwakid Nisar Ahmed Dahri Mamoona Humayun Ghadah Naif Alwakid	2025
Improving TPACK competence among apparel engineering educators: a diagnostic and strategic study	Jian Wen Chen Yang Promphak Bungbua	2025
Effect of PK, TK and TPK on the efficacy of teaching practice in covid-19 times	Claudia Orozco-Rodríguez Guadalupe Vera-Soria Francisco Vera-Soria	2023
Contextual variation on teachers' conceptions of ICT-enhanced teaching in engineering education	Mboka Khalid Md. Shahadat Hossain Khan Sue Gregory	2023
Effects of the TPACK levels of university teachers on the use of online teaching technical tools	Yaping Tao Jianhua Ma	2022

Título	Autor(es)	Ano de publicação
Technology-enhanced teaching in engineering education: teachers' knowledge construction using TPACK framework	Mugigayi Fahadi Md. Shahadat Hossain Khan	2022
Developing a Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK) survey for university teachers	Ha Nguyen Jolien Marleen Mouw Angeliki Mali Jan-Willem Strijbos Hanke Korpershoek	2024
Measure and improvement path of TPACK context of professional teachers of civil engineering in higher education	Wei Cai Xiaodong Wen Kejian Cai Zhongda Lv	2019
Integrating generative artificial intelligence into chemical engineering education: Staff and student perspectives	Evan Cunningham Iain Kings Phillip Robbins Matthew J. Keith	2026

Fonte: Elaborada pelas autoras (2026).

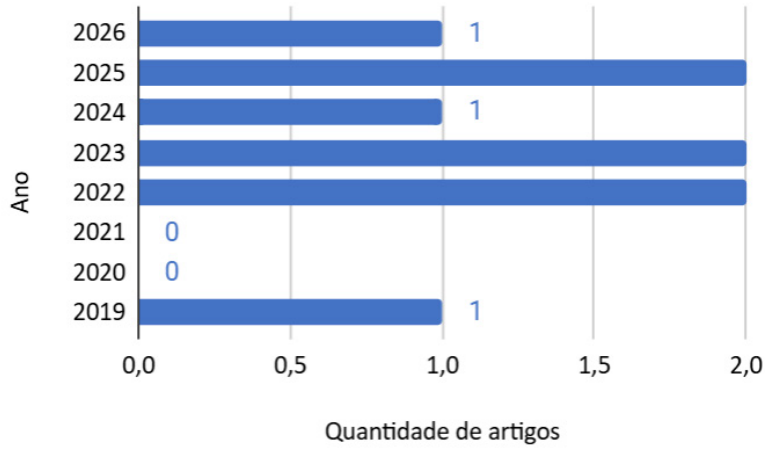
4.1 Distribuição temporal

A análise da distribuição temporal dos artigos permite observar uma maior concentração a partir de 2022, conforme o Gráfico 1. Um possível motivo são as transformações tecnológicas que vêm ocorrendo devido aos avanços em software e hardware e que provocam mudanças na educação (Broo; Kaynak; Sait, 2022).

Além disso, o uso de tecnologias digitais em sala de aula pode auxiliar no desenvolvimento de habilidades digitais e competências necessárias às demandas da sociedade contemporânea (OECD, 2019). Segundo Oliveira (2019), essas demandas exigem profissionais das engenharias preparados para tarefas e resolução de problemas complexos, e o professor, por meio das tecnologias digitais, pode mediar o desenvolvimento dessas competências.

Dessa forma, estas situações podem refletir o crescente interesse da comunidade acadêmica pelas transformações digitais na educação e pelos desafios relacionados à integração efetiva das tecnologias digitais nas práticas pedagógicas.

Gráfico 1 – Evolução temporal dos estudos

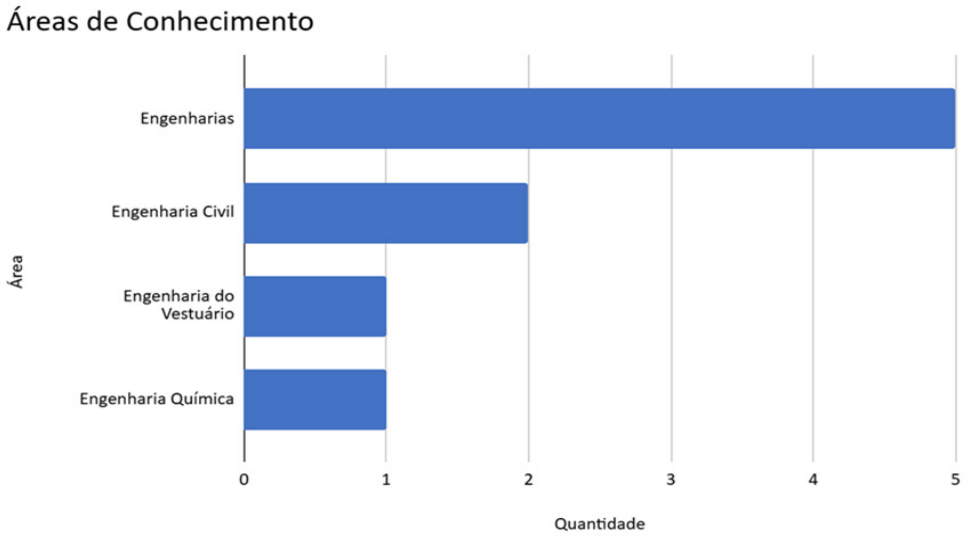


Fonte: Elaborado pelas autoras (2026).

4.2 Áreas do conhecimento

Em relação às áreas do conhecimento, observou-se maior concentração de pesquisas no campo das engenharias, cuja área não foi especificada. Também há estudos desenvolvidos em áreas específicas como Engenharia Civil, Engenharia do Vestuário e Engenharia Química, conforme o Gráfico 2. Tal distribuição evidencia que a temática da integração de tecnologias digitais, bem como os desafios e potencialidades associados à sua incorporação pelos docentes, tem despertado interesse em diferentes especialidades da formação em engenharia, sendo frequentemente analisada à luz do modelo TPACK.

Gráfico 2 – Estudos por área de conhecimento



Fonte: Elaborado pelas autoras (2026).

As áreas de engenharia identificadas nos estudos compartilham características relacionadas à resolução de problemas complexos, ao desenvolvimento de competências práticas e à crescente incorporação de tecnologias digitais em contextos profissionais (Alwakid *et al.*, 2025; Cai *et al.*, 2019; Cunningham *et al.*, 2026; Fahadi; Khan, 2022; Orozco-Rodríguez; Vera-Soria; Vera-Soria, 2023; Tao; Ma, 2022; Wen; Yang; Bungbua, 2025). Tais particularidades podem explicar o interesse dos pesquisadores em investigar como os docentes mobilizam e articulam conhecimentos tecnológicos, pedagógicos e de conteúdo em suas práticas de ensino.

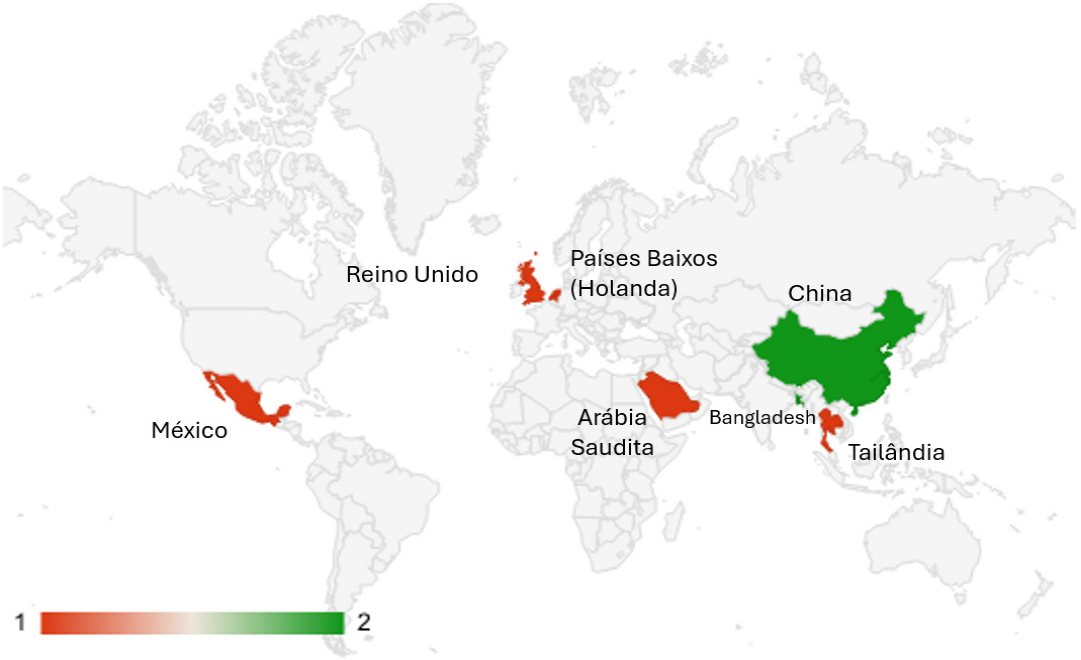
Nesse contexto, o modelo TPACK tem sido utilizado como referencial para compreender de que maneira essa integração entre os conhecimentos de conteúdo, pedagógico e tecnológico ocorre e como pode contribuir para o alinhamento dos processos formativos às demandas das transformações digitais contemporâneas.

4.3 Distribuição geográfica

Em relação à distribuição geográfica, os estudos selecionados encontram-se concentrados em determinados países, indicando os contextos que mais têm contribuído para o desenvolvimento das investigações sobre o tema. A localização geográfica foi identificada por meio da afiliação do primeiro autor do artigo.

Os estudos predominaram em países asiáticos, destacando-se Bangladesh e China, com duas publicações cada, conforme se observa na Figura 3. Isso significa que 66,7% dos estudos foram realizados em países asiáticos, 22,2% em países europeus e 11,1% na América do Norte. Não foram identificados estudos na América do Sul, África ou Oceania.

Figura 3 – Mapa com distribuição geográfica



Fonte: Elaborado pelas autoras (2026).

A predominância de estudos em países asiáticos pode estar relacionada aos investimentos realizados na digitalização da educação e ao fortalecimento de políticas voltadas à inovação tecnológica e à formação docente (Deb, 2026; Handayani; Hussin; Norman, 2023; Sandy *et al.*, 2023; Simangunsong *et al.*, 2023). Nesse contexto, as áreas STEM e de engenharia aparecem frequentemente como contextos de aplicação dessas tecnologias (Deb, 2026; Sandy *et al.*, 2023; Handayani; Hussin; Norman, 2023).

Outro possível fator associado a essa tendência de pesquisa nos países asiáticos pode ser a crescente demanda por competências digitais em uma sociedade marcada por rápidas transformações digitais, como as da era da Indústria 4.0 que vivenciamos, na qual a integração tecnológica é vista como essencial para o avanço dos países nesta era (Sandy *et al.*, 2023; Handayani; Hussin; Norman, 2023). Nesse cenário, as instituições educacionais são desafiadas a acompanhar o ritmo acelerado das inovações tecnológicas e da produção do conhecimento, demandando práticas pedagógicas mais criativas e inovadoras para atender às novas exigências formativas (Schmid *et al.*, 2024).

4.4 Categorias a priori e emergentes

A leitura aprofundada do *corpus* de análise permitiu identificar três categorias *a priori*, definidas antes da análise e alinhadas aos objetivos da pesquisa: Modelo TPACK, Desafios Docentes e Potencialidades Docentes. O uso do modelo TPACK se justifica por ser o referencial teórico central da análise, constituindo o meio para compreender a articulação entre os conhecimentos tecnológico, pedagógico e de conteúdo no planejamento docente.

Embora os artigos apresentem diferentes contextos de aplicação, os estudos analisados utilizam o modelo TPACK para compreender a integração entre tecnologia, pedagogia e conteúdo no ensino superior. Alguns estudos analisam os domínios do TPACK e seus impactos na utilização de ferramentas digitais (Cai *et al.*, 2019; Tao; Ma, 2022), sua influência no planejamento pedagógico (Alwakid *et al.*, 2025), sua influência na construção do conhecimento docente (Fahadi; Khan, 2022),

sua influência na formação de professores universitários (Nguyen *et al*., 2024), a incorporação de tecnologias emergentes, como a IA (Cunningham *et al.*, 2026), as concepções docentes sobre o uso de tecnologias digitais (Khalid; Khan; Gregory, 2023), estratégias de desenvolvimento profissional para docentes de áreas específicas (Wen; Yang; Bungbua, 2025) e a influência do contexto sobre os níveis de TPACK do professor (Cai *et al.*, 2019). Estes artigos evidenciam a relevância do modelo para compreender a integração das tecnologias digitais no ensino superior, especialmente na engenharia.

As categorias Desafios e Potencialidades estão diretamente ligadas ao questionamento da pesquisa, permitindo identificar fatores que dificultam ou favorecem a integração das tecnologias digitais às práticas pedagógicas.

Observou-se pela análise dos estudos que os desafios enfrentados pelos docentes vão além de questões técnicas e envolvem dimensões pedagógicas, institucionais, organizacionais e individuais. Entre os principais obstáculos, destacam-se as dificuldades em articular tecnologias, objetivos de aprendizagem, metodologias e avaliação, refletindo limitações no planejamento pedagógico e na integração entre os conhecimentos tecnológico e pedagógico (Khalid; Khan; Gregory, 2023; Nguyen *et al*., 2024; Orozco-Rodríguez; Vera-Soria; Vera-Soria, 2023; Tao; Ma, 2022; Wen; Yang; Bungbua, 2025).

Além de questões pedagógicas, observam-se limitações de infraestrutura e de acesso às tecnologias digitais, insuficiência no suporte técnico da instituição e restrições de tempo para atualização profissional que dificultam a integração de tecnologias digitais no ensino (Alwakid *et al*., 2025; Cai *et al*., 2019; Cunningham *et al*., 2026; Khalid; Khan; Gregory, 2023; Nguyen *et al*., 2024; Orozco-Rodríguez; Vera-Soria; Vera-Soria, 2023; Wen; Yang; Bungbua, 2025). Esses achados corroboram a ampliação do modelo proposto por Petko, Mishra e Koehler (2025), ao evidenciarem a influência do contexto na integração das tecnologias às práticas docentes.

Além de fatores estruturais, foram observadas barreiras subjetivas relacionadas às crenças internas, à resistência à mudança — que pode estar relacionada ao fato de não saber como usar a tecnologia —, à autoeficácia e à confiança no uso das tecnologias, bem como à preocupação com a perda da interação humana (Cai *et al*., 2019; Cunningham *et al*., 2026; Fahadi; Khan, 2022; Khalid; Khan; Gregory, 2023; Orozco-Rodríguez; Vera-Soria; Vera-Soria, 2023; Wen; Yang; Bungbua, 2025).

Somam-se a essas barreiras as preocupações éticas e de confiabilidade em relação ao uso de tecnologias digitais e da IA, especialmente em relação à autoria, à integridade acadêmica, à transparência e à precisão das informações geradas (Alwakid *et al*., 2025; Cunningham *et al*., 2026; Orozco-Rodríguez; Vera-Soria; Vera-Soria, 2023).

Outro aspecto identificado refere-se às diferenças entre as áreas da engenharia, que influenciam os conhecimentos tecnológicos e pedagógicos dos docentes e, consequentemente, a integração das tecnologias às práticas de ensino (Fahadi; Khan, 2022). Em síntese, os estudos indicam que a integração das tecnologias digitais depende das competências docentes, do planejamento pedagógico, do suporte institucional e das especificidades de cada área de formação. Esses resultados reforçam os pressupostos do TPACK (Mishra; Koehler, 2006) e convergem com o relatório da Unesco (2023), ao evidenciarem que o domínio tecnológico, por si só, não garante melhorias no processo de ensino e aprendizagem.

Em relação às potencialidades, os estudos evidenciam contribuições para a prática docente, para a aprendizagem dos estudantes e para a organização dos processos educacionais.

Destacam-se a automação de tarefas, a otimização do tempo docente, o apoio ao planejamento, ao gerenciamento de cursos e ao feedback formativo por meio de tecnologias digitais e ferramentas de IA (Alwakid *et al*., 2025; Cunningham *et a*l., 2026; Khalid; Khan; Gregory, 2023; Tao; Ma, 2022). Também são apontados o aumento do engajamento e da participação dos estudantes, a visualização de conceitos complexos, particularmente relevante para a Engenharia, e a ampliação

do acesso ao conhecimento por meio de ambientes digitais (Alwakid *et al*., 2025; Cunningham *et al*., 2026; Fahadi; Khan, 2022; Khalid; Khan; Gregory, 2023; Orozco-Rodríguez; Vera-Soria; Vera-Soria, 2023). Estes achados convergem com os de Broo, Kaynak e Sait (2022) e Oliveira (2019), ao indicarem que as tecnologias digitais favorecem práticas de ensino mais flexíveis, colaborativas e contextualizadas, fortalecendo a integração entre os conhecimentos tecnológico, pedagógico e de conteúdo proposta pelo modelo TPACK (Mishra; Koehler, 2006). A síntese das categorias a priori encontra-se no Quadro 3.

QUADRO 3 – Categorias *a priori*

Categoria	Síntese analítica	Artigos
Modelo TPACK	Refere-se à articulação entre conhecimentos tecnológicos, pedagógicos e de conteúdo necessários para a integração das tecnologias digitais ao ensino.	Alwakid *et al*., 2025 Wen; Yang; Bungbua, 2025 Orozco-Rodríguez; Vera-Soria; Vera-Soria, 2023 Khalid; Khan; Gregory, 2023 Tao; Ma, 2022 Fahadi; Khan, 2022 Nguyen *et al*., 2024 Cai *et al*., 2019 Cunningham *et al*., 2026
Desafios Docentes	Compreende os fatores que dificultam a integração das tecnologias digitais às práticas pedagógicas, incluindo barreiras relacionadas à formação, à infraestrutura, ao apoio institucional, ao domínio tecnológico e à utilização pedagógica dos recursos digitais.	Alwakid *et al*., 2025 Wen; Yang; Bungbua, 2025 Orozco-Rodríguez; Vera-Soria; Vera-Soria, 2023 Khalid; Khan; Gregory, 2023 Tao; Ma, 2022 Fahadi; Khan, 2022 Nguyen *et al*., 2024 Cai *et al*., 2019 Cunningham *et al*., 2026
Potencialidades Docentes	Abrange os aspectos que favorecem a utilização das tecnologias digitais, especialmente aqueles relacionados à ampliação das oportunidades de aprendizagem, à visualização de conteúdos complexos e à aproximação entre teoria e prática.	Alwakid *et al*., 2025 Orozco-Rodríguez; Vera-Soria; Vera-Soria, 2023 Khalid; Khan; Gregory, 2023 Tao; Ma, 2022 Fahadi; Khan, 2022 Cunningham *et al*., 2026

Fonte: Elaborada pelas autoras (2026).

A identificação de categorias emergentes decorreu das recorrências observadas nos estudos durante a análise aprofundada do *corpus*. Foram identificadas as categorias Competências Docentes, Planejamento e Tecnologias Digitais, que ampliam a compreensão dos fatores relacionados aos desafios e às potencialidades percebidos pelos docentes de engenharia na utilização de tecnologias digitais em suas práticas pedagógicas.

A categoria Competências Docentes refere-se aos conhecimentos, atitudes e habilidades necessários para integrar tecnologias digitais ao ensino. Estudos destacam que o uso de tecnologias favorece a adaptação das estratégias de ensino e isto fortalece as competências tecnológicas e pedagógicas (Orozco-Rodríguez; Vera-Soria; Vera-Soria, 2023). Também destacam que a atitude subjetiva, a motivação, a autoeficácia, o desenvolvimento profissional e o domínio das tecnologias influenciam positivamente a competência (Cai *et al*., 2019; Wen; Yang; Bungbua, 2025).

No contexto das tecnologias emergentes, especialmente da IA, ressalta-se a importância

da avaliação crítica dessas ferramentas e de seu alinhamento aos objetivos de aprendizagem, considerando as especificidades de cada área da Engenharia (Alwakid *et al*., 2025; Cunningham *et al*., 2026; Fahadi; Khan, 2022;). Ainda, há um estudo que aponta que os conhecimentos de conteúdo e tecnológico influenciam positivamente o uso eficaz de ferramentas online (Tao; Ma, 2022). Diante destas análises, percebe-se que o desenvolvimento de competências docentes é um elemento importante para a articulação entre o conteúdo, a pedagogia e a tecnologia proposta pelo modelo TPACK.

A categoria Planejamento evidencia que a contribuição das tecnologias digitais vai além de seu uso em sala de aula e contribui para a organização, a estruturação e a intencionalidade das práticas pedagógicas. Os estudos mostram que essas tecnologias auxiliam na elaboração de atividades e avaliações, no fornecimento de feedback contínuo, na organização de conteúdos e no desenvolvimento de recursos instrucionais, favorecendo o alinhamento entre objetivos de aprendizagem, conteúdos e estratégias de ensino (Alwakid *et al*., 2025; Khalid; Khan; Gregory, 2023; Orozco-Rodríguez; Vera-Soria; Vera-Soria, 2023; Tao; Ma, 2022; Wen; Yang; Bungbua, 2025).

Os achados corroboram o relatório da Unesco (2023), ao reforçarem que as tecnologias digitais devem ser utilizadas como ferramentas complementares, integradas a um planejamento pedagógico intencional. Nesse sentido, os estudos analisados evidenciam que as tecnologias digitais podem potencializar o planejamento docente ao favorecer a organização e a preparação das atividades de ensino, contribuindo para a articulação entre objetivos de aprendizagem, conteúdos e recursos tecnológicos.

Por último, a categoria Tecnologias Digitais evidencia a diversidade de recursos utilizados pelos docentes de Engenharia. Os estudos mencionam ferramentas de avaliação e interação, como as plataformas Quizizz, Kahoot, Padlet, Edpuzzle e Google Classroom, voltadas à avaliação formativa, à autoavaliação e ao *feedback* contínuo e ao aumento do engajamento discente (Orozco-Rodríguez; Vera-Soria; Vera-Soria, 2023). Também são citados recursos em nuvem, como o OpenCourseWare do Massachusetts Institute of Technology (MIT OpenCourseWare), o Google Drive e o Google Classroom, com o objetivo de facilitar o acesso aos conteúdos e a organização dos conteúdos de forma simplificada (Khalid; Khan; Gregory, 2023), além de computadores, sistemas de projeção, quadros brancos interativos (*interactive whiteboards* – IWB) e ferramentas de multimídia utilizados como suporte ao ensino e à produção de materiais (Tao; Ma, 2022).

Os estudos também destacam tecnologias digitais mais avançadas, como laboratórios virtuais, realidade aumentada e realidade virtual, para proporcionar melhor compreensão e insights dos alunos (Cai *et al*., 2019; Fahadi; Khan, 2022), além de ferramentas baseadas em IA para automatização de tarefas e fornecimento de feedback aos alunos (Alwakid *et al*., 2025; Cunningham *et al*., 2026). Foram mencionadas tecnologias voltadas ao contexto específico de engenharia, como softwares de desenho assistido por computador (*computer-aided design* – CAD), impressões bidimensionais (2D) e tridimensionais (3D) e simulações virtuais, empregados no apoio às disciplinas técnicas (Wen; Yang; Bungbua, 2025).

Além disso, ferramentas do pacote Office (Word, PowerPoint e Excel) são utilizadas na elaboração de planos de aula, na apresentação e análise de dados educacionais, gráficos e imagens para facilitar o aprendizado (Cai *et al*., 2019; Khalid; Khan; Gregory, 2023). O Quadro 4 contém a síntese das categorias emergentes.

QUADRO 4 – Categorias emergentes

Categoria	Síntese analítica	Artigos
Competências Docentes	Conjunto de conhecimentos, habilidades e atitudes que permitem ao docente atuar de forma eficaz no processo educativo.	Alwakid *et al*., 2025 Wen; Yang; Bungbua, 2025 Orozco-Rodríguez; Vera-Soria; Vera-Soria, 2023 Tao; Ma, 2022 Fahadi; Khan, 2022 Cai *et al*., 2019 Cunningham *et al*., 2026
Planejamento	Processo de organização intencional das ações de ensino, articulando objetivos, conteúdos, metodologias e avaliação.	Alwakid *et al*., 2025 Wen; Yang; Bungbua, 2025 Orozco-Rodríguez; Vera-Soria; Vera-Soria, 2023 Khalid; Khan; Gregory, 2023 Tao; Ma, 2022
Tecnologias Digitais	Compreende os recursos, plataformas, sistemas e ferramentas digitais empregados no ensino, incluindo softwares, ambientes virtuais, IA, simuladores e demais tecnologias utilizadas nos contextos educacionais analisados.	Alwakid *et al*., 2025 Wen; Yang; Bungbua, 2025 Orozco-Rodríguez; Vera-Soria; Vera-Soria, 2023 Khalid; Khan; Gregory, 2023 Tao; Ma, 2022 Fahadi; Khan, 2022 Cai *et al*., 2019 Cunningham *et al*., 2026

Fonte: Elaborada pelas autoras (2026).

De modo geral, os achados desta revisão permitiram mapear os principais desafios e potencialidades percebidos pelos docentes de engenharia na incorporação de tecnologias digitais em suas práticas pedagógicas. A análise conjunta das categorias evidencia que os desafios e as potencialidades identificados se relacionam às diferentes dimensões do TPACK. As dificuldades relacionadas ao domínio das tecnologias referem-se ao conhecimento tecnológico (TK), enquanto a escolha de recursos adequados aos conteúdos específicos da Engenharia envolve a articulação entre tecnologia e conteúdo (TCK). Da mesma forma, o uso das tecnologias nas estratégias de ensino, avaliação e feedback relaciona-se ao conhecimento tecnológico pedagógico (TPK). Entre as potencialidades, simulações, realidade virtual e softwares especializados podem favorecer a compreensão e a visualização de conteúdos complexos, fortalecendo o TCK, enquanto ferramentas de avaliação, interação e feedback ampliam as possibilidades pedagógicas mediadas pela tecnologia, relacionadas ao TPK. Quando esses conhecimentos são articulados ao planejamento e aos objetivos de aprendizagem, fortalecem a integração entre tecnologia, pedagogia e conteúdo proposta pelo TPACK (Mishra; Koehler, 2006). Além disso, fatores como infraestrutura, disponibilidade de tempo e suporte institucional evidenciam a influência do conhecimento contextual (XK), podendo favorecer ou limitar essa integração. Assim, os achados mostram que desafios e potencialidades estão inter-relacionados e dependem tanto dos conhecimentos mobilizados pelos docentes quanto das condições do contexto educacional.

O reduzido *corpus* identificado evidencia que a temática permanece pouco explorada na literatura, indicando a necessidade de ampliar as investigações nesse campo. Dessa forma, esta revisão contribui ao reunir evidências dispersas na literatura e ao propor categorias analíticas que auxiliam na compreensão dos fatores envolvidos no processo de ensino.

Os achados mostram aspectos que favorecem e dificultam a integração tecnológica, fornecendo,

assim, subsídios para a reflexão sobre a formação docente, e podem contribuir para que instituições de ensino superior planejem ações voltadas ao desenvolvimento profissional dos docentes e à criação de condições favoráveis de infraestrutura e suporte técnico para a integração significativa das tecnologias digitais.

5 LIMITAÇÕES

Esta revisão sistemática apresenta algumas limitações. Primeiramente, o estudo concentra-se especificamente nos cursos de Engenharia no ensino superior, o que restringe a generalização dos resultados para outras áreas do conhecimento que possuem características pedagógicas e curriculares distintas.

Outra limitação está relacionada ao *corpus* da pesquisa, composto por 9 artigos, o que evidencia que a produção científica sobre a integração de tecnologias digitais em cursos de Engenharia sob a perspectiva do TPACK ainda se mostra reduzida. Além disso, a revisão considerou apenas estudos revisados por pares e indexados nas bases Scopus e Web of Science, podendo não contemplar pesquisas relevantes presentes em outras bases ou na literatura cinzenta. Somam-se a essas limitações a restrição de idiomas e a exclusão de artigos sem acesso gratuito ou disponível, critérios previamente estabelecidos no método que também podem ter reduzido o conjunto de estudos recuperados.

Por fim, por se tratar de uma revisão de natureza qualitativa, a análise baseou-se na interpretação e categorização das evidências identificadas nos estudos selecionados. Embora essa abordagem favoreça uma compreensão aprofundada dos desafios e das potencialidades da integração das tecnologias digitais, os resultados devem ser interpretados considerando os contextos investigados, não sendo passíveis de generalização para todos os cursos, instituições ou cenários educacionais.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desta revisão sistemática da literatura permitiram mapear como os desafios e potencialidades da incorporação de tecnologias digitais por docentes de engenharia vêm sendo investigados à luz do modelo TPACK. Observou-se maior concentração de publicações a partir de 2022, predominância de estudos realizados em países asiáticos e foco em diferentes especialidades da engenharia, evidenciando o interesse crescente pela integração de tecnologias digitais no ensino superior.

A análise dos estudos possibilitou identificar categorias a priori relacionadas ao TPACK, aos desafios e às potencialidades docentes, bem como categorias emergentes referentes às competências docentes, ao planejamento pedagógico e às tecnologias digitais. Esses achados contribuem para compreender os fatores que influenciam a integração das tecnologias digitais nas práticas pedagógicas e reforçam a relevância do modelo TPACK para a educação em engenharia.

Como lacuna da literatura, destaca-se o número reduzido de estudos identificados e a concentração em países asiáticos. Este cenário evidencia a necessidade de pesquisa em outros contextos educacionais e culturais, de modo a verificar como os achados são aplicados em diferentes contextos do Ensino Superior.

REFERÊNCIAS

ALWAKID, Wafa Naif; DAHRI, Nisar Ahmed; HUMAYUN, Mamoona; ALWAKID, Ghadah Naif. Exploring the Role of AI and Teacher Competencies on Instructional Planning and Student Performance in an Outcome-Based Education System. **Systems**, *[s. l.]*, v. 13, n. 7, p. 1-30, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.3390/systems13070517. Acesso em: 20 abr. 2026.

BARBOSA, Pedro Luis Saraiva; CARMO, Rafael Augusto Ferreira do; GOMES, João P. P.; VIANA, Windson de Carvalho. Adaptive learning in computer science education: a scoping review. **Education and Information Technologies**, *[s. l.]*, v. 29, p. 9139-9188, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10639-023-12066-z. Acesso em: 26 abr. 2026.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. Resolução nº 2, de 24 de abril de 2019. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 abr. 2019. Disponível em: https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolu%C3%87%C3%830-n%C2%BA-2-de-24-de-abril-de-2019-85344528. Acesso em: 16 abr. 2026.

BROO, Didem Gürdür; KAYNAK, Okyay; SAIT, Sadiq Mohammed. Rethinking engineering education at the age of industry 5.0. **Journal of Industrial Information Integration**, *[s. l.]*, v. 25, e100311, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100311. Acesso em: 17 abr. 2026.

CAI, Chang; ZHU, Gaoxia; MA, Min. A systemic review of AI for interdisciplinary learning: Application contexts, roles, and influences. **Education and Information Technologies**, *[s. l.]*, v. 30, p. 9641-9687, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10639-024-13193-x. Acesso em: 26 abr. 2026.

CAI, Wei; WEN, Xiaodong; CAI, Kejian; LV, Zhongda. Measure and improvement path of TPACK context of professional teachers of civil engineering in higher education. **Revista de Cercetare si Interventie Sociala**, *[s. l.]*, v. 65, p. 276-291, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.33788/rcis.65.17. Acesso em: 20 abr. 2026.

CHAI, Ching Sing. Teacher professional development for Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) education: a review from the perspectives of Technological Pedagogical Content (TPACK). **Asia-Pacific Edu Res**, *[s. l.]*, v. 28, p. 5-13, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s40299-018-0400-7. Acesso em: 26 abr. 2026.

CUNNINGHAM, Evan; KINGS, Iain; ROBBINS, Phillip; KEITH, Matthew J. Integrating generative artificial intelligence into chemical engineering education: staff and student perspectives. **Education for Chemical Engineers**, *[s. l.]*, v. 55, e100503, p. 1-15, 2026. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ece.2026.100503. Acesso em: 20 abr. 2026.

DEB, Joy Prakash. Exploring C-TPACK (TPACK with Contextual Knowledge) in Asian educational perspectives: a review study. **International Journal of Multidisciplinary Research in Arts, Science and Technology (IJMRAST)**, *[s. l.]*, v. 4, n. 1, p. 42-54, 2026. Disponível em: https://doi.org/10.61778/ijmrast.v4i1.221. Acesso em: 6 jun. 2026.

FAHADI, Mugigayi; KHAN, Md Shahadat Hossain. Technology-enhanced teaching in engineering education: teachers' knowledge construction using TPACK framework. **International Journal of Instruction**, *[s. l.]*, v. 15, n. 2, p. 519-542, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.29333/iji.2022.15229a. Acesso em: 20 abr. 2026.

HANDAYANI, Sri; HUSSIN, Muhammad; NORMAN, Helmi. Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) model in teaching: a review and bibliometric analysis. **Pegem Journal of Education and Instruction**, *[s. l.]*, v. 13, n. 3, p. 176-190, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.47750/pegegog.13.03.19. Acesso em: 6 jun. 2026.

KHALID, Mboka; KHAN, Md Shahadat Hossain; GREGORY, Sue. Contextual variation on teachers' conceptions of ICT-enhanced teaching in engineering education. **Heliyon**, *[s. l.]*, v. 9, n. 3, e14531, p. 1-13, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14531. Acesso em: 20 abr. 2026.

LISÉE, Cynthia; LARIVIÈRE, Vincent; ARCHAMBAULT, Éric. Conference proceedings as a source of scientific information: A bibliometric analysis. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, *[s. l.]*, v. 59, n. 11, p. 1776-1784, 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1002/asi.20888. Acesso em: 13 maio 2026.

MISHRA, Punya; KOEHLER, Matthew J. Technological Pedagogical Content Knowledge: a framework for teacher knowledge. **Teacher College Record**, Nova York, v. 108, n. 6, p. 1017-1054, 2006. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x. Acesso em: 16 abr. 2026.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE AND ENGINEERING (Acatech). **Securing the future of German manufacturing industry**: recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: final report of the Industrie 4.0 Working Group. Munique: Acatech, 2013. Disponível em: https://www.din.de/resource/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf. Acesso em: 16 abr. 2026.

NGUYEN, Ha; MOUW, Jolien Marleen; MALI, Angeliki; STRIJBOS, Jan-Willem; KORPERSHOEK, Hanke. Developing a Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK) survey for university teachers. **Computers and Education Open**, *[s. l.]*, v. 7, e100202, p. 1-11, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.caeo.2024.100202. Acesso em: 20 abr. 2026.

OLIVEIRA, Vanderli Fava de. **A engenharia e as novas DCNs**: oportunidades para formar mais e melhores engenheiros. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **OECD Skills Outlook 2019**: thriving in a digital world. Paris: OECD Publishing, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1787/df80bc12-en. Acesso em: 16 abr. 2026.

OROZCO-RODRÍGUEZ, Cláudia; VERA-SORIA, Guadalupe; VERA-SORIA, Francisco. Effect of PK, TK and TPK on the efficacy of teaching practice in Covid-19 times. **IEEE –Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje**, *[s. l.]*, v. 18, n. 4, p. 354-364, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1109/RITA.2023.3323950. Acesso em: 20 abr. 2026.

PAGE, Matthew J.; MCKENZIE, Joanne E.; BOSSUYT, Patrick M.; BOUTRON, Isabelle; HOFFMANN, Tammy C.; MULROW, Cynthia D. *et al*. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, Londres, v. 372, n. 71, p. 1-9, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1136/bmj.n71. Acesso em: 13 maio 2026.

PETKO, Dominik; MISHRA, Punya; KOEHLER, Matthew J. TPACK in context: An updated model. **Computers and Education Open**, *[s. l.]*, v. 8, e100244, p. 1-5, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.caeo.2025.100244. Acesso em: 16 abr. 2026.

SANDY, Teguh Arie; ISMANIATI, Christina; ABBAS, Sukardi; DALU, Zaudah Cyly Arrum. Research trends based on Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) in Indonesia: a systematic review. **Epistema**, *[s. l.]*, v. 4, n. 1, p. 9-21, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.21831/ep.v4i1.59486. Acesso em: 6 jun. 2026.

SANTOS, Diana Leonhardt dos; MACHADO, Karen Graziela Weber. As tecnologias digitais e as relações

interpessoais no cotidiano das instituições educativas. **Educação por Escrito**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, e36568, p. 1-19, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.15448/2179-8435.2019.2.36568. Acesso em: 25 jun. 2026.

SCHMID, Mirjam; BRIANZA, Eliana; MOK, Sog Yee; PETKO, Dominic. Running in circles: a systematic review of reviews on Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK). **Computers & Education**, [S. l], v. 214, e105024, p. 1-18, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105024. Acesso em: 6 jun. 2026.

SHULMAN, Lee S. Those who understand: knowledge growth in teaching. **Educational Researcher**, [S. l], v. 15, n. 2, p. 4-14, 1986. Disponível em: https://doi.org/10.3102/0013189X015002004. Acesso em: 20 abr. 2022.

SIMANGUNSONG, Marta Florentina; WASPADA, Ikaputera; RASTO, Rasto; MUHAMMAD, Ilham; TRIANSYAH, Fadli Agus; GUNAWAN, Ashari. The impact of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) on learning outcomes: a bibliometric review. **Jurnal EDUCATIO (Jurnal Pendidikan Indonesia)**, [S. l], v. 9, n. 2, p. 1098-1107, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.29210/1202323188. Acesso em: 6 jun. 2026.

SURAHMAN, Ence; WANG, Tzu-Hua. In-service STEM teachers professional development programmes: a systematic literature review 2018-2022. **Teaching and Teacher Education**, [S. l], v. 135, e104326, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.tate.2023.104326. Acesso em: 26 abr. 2026.

TAO, Yaping; MA, JianHua. Effects of the TPACK levels of university teachers on the use of online teaching technical tools. **International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)**, [S. l], v. 17, n. 20, p. 188-199, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.3991/ijet.v17i20.35135. Acesso em: 20 abr. 2026.

TONINI, Adriana Maria; PEREIRA, Tânia Regina Dias Silva (org.). Desafios da engenharia no Brasil: tecnologia, inovação e qualificação profissional. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 53.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 7., 2025, Campinas. **Anais** [...]. Brasília, DF: ABENGE, 2026. v. 1.

UNESCO. UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION (UNESCO). **GEM report:** Technology in education: a tool on whose terms? Paris: UNESCO, 2023. DOI: https://doi.org/10.54676/JKLA7966. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386165 . Acesso em: 15 abr. 2026.

WEN, Jian; YANG, Chen; BUNGBUA, Promphak. Improving TPACK competence among apparel engineering educators: a diagnostic and strategic study. **Textile & Leather Review**, *[s. l.]*, v. 8, p. 699-723, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.31881/TLR.2025.039. Acesso em: 20 abr. 2026.

YIM, Iris Heung Yue; SU, Jiahong; WEGERIF, Rupert. STEAM in practice and research in primary schools: a systematic literature review. **Research in Science & Technological Education**, *[s. l.]*, v. 43, n. 4, p. 1065-1089, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1080/02635143.2024.2440424. Acesso em: 26 abr. 2026.

ZOU, Di; HUANG, Xinyi; KOHNKE, Lucas; CHEN, Xieling; CHENG, Gary; XIE, Haroran. A bibliometric analysis of the trends and research topics of empirical research on TPACK. **Education and Information Technologies**, *[s. l.]*, v. 27, p. 10585-10609, 2022. https://doi.org/10.1007/s10639-022-10991-z. Acesso em: 26 abr. 2026.

Alessandra Santos de Paula

Mestranda em Ensino pela Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA). Bacharel em Ciências Contábeis pelo Centro Universitário Leonardo da Vinci (UNIASSELVI). Especialista em Docência no Ensino Superior pela Faculdade de Administração, Humanas e Exatas (UNIFAHE).

Fernanda Gobbi de Boer Garbin

Professora da Pós-Graduação em Ensino e do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Pampa. Doutora em Educação pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS). Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Bacharel em Engenharia de Produção pela PUCRS.

Endereço para correspondência

Fernanda Gobbi de Boer Garbin

Av. Maria Anunciação Gomes de Godoy, 1650

Malafaia, 96413-172

Bagé, RS, Brasil

Como citar este artigo

Santos de Paula, A., & Gobbi de Boer Garbin, F. Desafios e Potencialidades do TPACK no ensino de Engenharia:: uma síntese da literatura sobre a integração de tecnologias na prática docente. Educação Por Escrito, e50264. https://doi.org/10.15448/2179-8435.2026.1.50264

Os textos deste artigo foram revisados pela Texto Certo Assessoria Linguística e submetidos para validação dos autores antes da publicação.