

# PENSAMENTO COMPUTACIONAL COMO COMPETÊNCIA DO SÉCULO XXI: APLICAÇÕES, DESAFIOS E PERSPECTIVAS FUTURAS



<https://doi.org/10.22533/at.ed.1281125170312>

*Data de aceite: 15/10/2025*

### **Márcio Mendonça**

Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná (UTFPR) – Campus Cornélio  
Procópio/Londrina, Paraná – Brasil  
Programa de Pós-Graduação em Ensino  
de Ciências Humanas, Sociais e da  
Natureza – PPGEN  
Cornélio Procópio - PR  
<http://lattes.cnpq.br/5415046018018708>

### **Vitor Blanc Milani**

Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná  
Mestrando - PPGEM-CP - Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia  
Mecânica CP/PG  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/4504374098250296>

### **Cintya Wedderhoff Machado**

Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná (UTFPR) – Campus Cornélio  
Procópio/Londrina, Paraná – Brasil  
Mestranda no Programa de Pós-  
Graduação em Ensino de Ciências  
Humanas,  
Sociais e da Natureza – PPGEN  
Londrina - PR  
<http://lattes.cnpq.br/4604594140489347>

### **Juliana Maria de Jesus Ribeiro**

Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná (UTFPR) – Campus Cornélio  
Procópio/Londrina, Paraná – Brasil  
Mestranda no Programa de Pós-  
Graduação em Ensino de Ciências  
Humanas,  
Sociais e da Natureza – PPGEN  
Londrina - PR  
<http://lattes.cnpq.br/6279504657014354>

### **Fabio Rodrigo Milanez**

UnISENAIPR-Campus Londrina  
Londrina-PR  
<http://lattes.cnpq.br/3808981195212391>

### **Iago Maranh Machado**

Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná  
Mestrando (aluno externo) - PPGEM-CP -  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Mecânica CP/PG  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/3808981195212391>

### **Daniela Mendonça de Oliveira**

Mestranda (aluna externa) - Programa de  
Pós-Graduação em Ensino de  
Ciências Humanas, Sociais e da Natureza  
(PPGEN-CP/LD)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/7537622609222737>

**Emerson Ravazzi Pires da Silva**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/3845751794448092>

**Eduardo Pegoraro Heinemann**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná Departamento Acadêmico de  
Engenharia Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/0964474292409084>

**Marco Antônio Ferreira Finocchio**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná Departamento Acadêmico de  
Engenharia Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio - PR  
<http://lattes.cnpq.br/8619727190271505>  
Andressa Haiduk  
Dimension Engenharia  
Rio Negro - PR  
<http://lattes.cnpq.br/2786786167224165>

**Francisco de Assis Scannavino Junior**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná Departamento Acadêmico de  
Engenharia Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio - PR  
<http://lattes.cnpq.br/4513330681918118>

**João Maurício Hypólito**

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Departamento Computação-FATEC  
<http://lattes.cnpq.br/5499911577564060>

**Carlos Alberto Paschoalino**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná Departamento Acadêmico de  
Engenharia Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio - PR  
<http://lattes.cnpq.br/0419549172660666>

**Junior Candido Mendonça**

Discente-Universidade Tecnológica Federal do Paraná Departamento  
Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/9637563407033947>

**Tatiane Monteiro Pereira**

Mestranda - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Humanas,  
Sociais e da Natureza (PPGEN-CP/LD)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/9520601026438758>

**Vera Adriana Huang Azevedo Hypólito**

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Etec Jacinto Ferreira de Sá  
Ourinhos – SP  
<http://lattes.cnpq.br/6169590836932698>

**Vicente de Lima Gongora**

Faculdade Tecnológica SENAI Londrina - Sistema Nacional de Aprendizagem Industrial.  
Londrina - PR  
<http://lattes.cnpq.br/6784595388183195>

**RESUMO:** O pensamento computacional (PC) emerge como uma competência essencial do século XXI, integrando processos cognitivos de decomposição, abstração, reconhecimento de padrões e formulação de algoritmos. Mais do que ensinar programação, o PC constitui um modo de pensar, aplicável à resolução de problemas complexos em diferentes áreas do conhecimento. Este artigo apresenta uma análise abrangente sobre os fundamentos teóricos, a importância do PC na educação e no mercado de trabalho, bem como exemplos de aplicações práticas em contextos nacionais e internacionais. Adicionalmente, são discutidos métodos pedagógicos, resultados de estudos empíricos e os principais desafios de sua implementação em larga escala. A pesquisa aponta que o PC tem potencial transformador, ao mesmo tempo em que depende de políticas públicas, formação docente e inclusão digital para consolidar-se como eixo estruturante da alfabetização contemporânea. Este trabalho se encerra com uma conclusão e endereça futuros trabalhos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pensamento Computacional. Educação. Inovação. Mercado de Trabalho. Alfabetização Digital.

## COMPUTATIONAL THINKING AS A 21ST CENTURY SKILL: APPLICATIONS, CHALLENGES AND FUTURE PERSPECTIVES

**ABSTRACT:** Computational Thinking (CT) emerges as an essential 21st-century skill, integrating cognitive processes such as decomposition, abstraction, pattern recognition, and algorithm design. More than teaching programming, CT represents a way of thinking applicable to solving complex problems across multiple domains. This paper provides a comprehensive analysis of the theoretical foundations, the relevance of CT in education and the labor market, as well as examples of practical applications in national and international contexts. In addition, pedagogical methods, empirical results, and the main challenges of large-scale implementation are discussed. Findings indicate that CT holds transformative potential while relying on public policies, teacher training, and digital inclusion to be consolidated as a structural axis of contemporary literacy. This work ends with a conclusion and addresses future work.

**KEYWORDS:** Computational Thinking. Education. Innovation. Labor Market. Digital Literacy.

## INTRODUÇÃO

O avanço das tecnologias digitais, da inteligência artificial e da automação trouxe novas demandas sociais, educacionais e profissionais. Nesse cenário, o pensamento computacional (PC) surge como uma competência essencial do século XXI, destacando-se não apenas como habilidade técnica, mas como forma de raciocínio estruturado capaz de auxiliar na resolução de problemas complexos em diferentes domínios do conhecimento (WING, 2006; VALENTE, 2016). A difusão de dispositivos digitais e a presença constante da tecnologia no cotidiano tornam indispensável a formação de cidadãos críticos, criativos e aptos a atuar em um mundo cada vez mais orientado por dados e sistemas computacionais. O termo pensamento computacional foi popularizado por Jeannette Wing (2006), que o definiu como uma maneira de pensar fundamentada em processos da ciência da computação, mas aplicável a qualquer área da vida. Posteriormente, a autora reforçou que o PC deveria ser encarado como competência universal, à semelhança da leitura, da escrita e da matemática (WING, 2008). Essa perspectiva consolidou a noção de que o PC não se limita ao ensino de algoritmos ou linguagens de programação, mas compreende habilidades cognitivas como abstração, decomposição, reconhecimento de padrões e formulação de estratégias para resolução de problemas. Embora Wing seja a referência mais citada, as raízes do PC encontram-se em contribuições anteriores, como as de Seymour Papert (1980), criador da linguagem LOGO, que defendia a programação como meio para estimular o desenvolvimento do raciocínio lógico e matemático em crianças. Papert antecipava o papel do computador como ferramenta de construção de conhecimento, baseando-se no construcionismo, abordagem pedagógica que valoriza o aprendizado ativo, criativo e significativo. Nesse sentido, o PC pode ser compreendido como herdeiro direto das ideias de Papert, ampliado pelas necessidades contemporâneas de alfabetização digital e tecnológica. Ao longo das últimas décadas, pesquisadores como Denning (2009) reforçaram a ideia do PC como metacompetência cognitiva, comparável ao raciocínio científico. Para ele, a prática computacional não se restringe ao desenvolvimento de software, mas envolve modelagem, simulação e experimentação, competências indispensáveis na ciência moderna. Complementarmente, Barr e Stephenson (2011) sistematizaram o conceito em quatro pilares – decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e algoritmos – que hoje servem de base para currículos escolares em diversos países. No Brasil, a discussão sobre PC tem avançado de forma significativa. Valente (2016) argumenta que o PC deve ser visto como parte integrante do letramento digital, dialogando diretamente com as competências da Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2018), ainda que o termo não apareça explicitamente no documento. Brackmann (2017), em sua tese, demonstrou que atividades desplugadas – isto é, sem o uso direto de computadores – podem fortalecer habilidades de abstração e decomposição em estudantes do ensino fundamental, mesmo em contextos de escolas públicas com limitações de infraestrutura. Esse aspecto mostra que a

implementação do PC não depende exclusivamente de recursos tecnológicos sofisticados, mas da intencionalidade pedagógica e da criatividade docente. Internacionalmente, revisões como a de Grover e Pea (2013) apontam que o PC já está consolidado em diversos sistemas educacionais, sendo adotado em larga escala em países como Estados Unidos, Reino Unido e Coreia do Sul. Contudo, esses mesmos estudos indicam desafios como a falta de métricas padronizadas de avaliação, a necessidade de alinhamento entre currículos e a formação de professores. Resnick (2017), ao tratar da aprendizagem criativa, sugere que a inserção do PC deve seguir princípios que favoreçam projetos significativos, colaboração entre pares e ludicidade, de modo a potencializar não apenas competências técnicas, mas também socioemocionais, como persistência, criatividade e pensamento crítico. Do ponto de vista do mercado de trabalho, o PC se apresenta como competência transversal em áreas que vão muito além da ciência da computação. Profissionais de engenharia, saúde, economia e ciências sociais já se beneficiam de técnicas computacionais para analisar grandes volumes de dados, modelar cenários e propor soluções inovadoras. Estudos mostram, por exemplo, que algoritmos de otimização aplicados à logística podem reduzir custos de operação em até 20% (LEE et al., 2014), enquanto técnicas de análise preditiva baseadas em big data são utilizadas em saúde pública para prever surtos epidemiológicos (SHUTE et al., 2017). Esses casos confirmam que o PC tem impacto social e econômico direto, reforçando a necessidade de sua disseminação. A alfabetização contemporânea não pode mais ser pensada apenas em termos de leitura e escrita tradicionais. A inclusão do pensamento computacional como eixo estruturante das competências do século XXI é fundamental para preparar cidadãos capazes de compreender criticamente o funcionamento das tecnologias e de intervir de forma responsável e criativa nos contextos em que vivem. Assim, este artigo busca discutir os conceitos, componentes e aplicações do PC, enfatizando sua relevância na educação básica e superior, na formação de professores e no mercado de trabalho. Adicionalmente, apresentam-se exemplos de resultados empíricos e desafios futuros, situando o PC como parte integrante da alfabetização digital (VALENTE, 2016; BRACKMANN, 2017; GROVER; PEA, 2013; RESNICK, 2017).

O avanço das tecnologias digitais, da inteligência artificial e da automação trouxe novas demandas sociais e profissionais. Nesse contexto, o pensamento computacional (PC) destaca-se como competência essencial para o desenvolvimento de soluções inovadoras e para a formação de cidadãos críticos. Wing (2006) popularizou o termo ao descrevê-lo como uma forma de pensar orientada por processos da ciência da computação, mas aplicável a qualquer área. Este artigo tem como objetivo discutir os conceitos, componentes e aplicações do PC, enfatizando sua relevância na educação básica e superior, na formação de professores e no mercado de trabalho. Adicionalmente, apresentam-se exemplos de resultados empíricos e desafios futuros, ressaltando o PC como parte da alfabetização digital contemporânea (VALENTE, 2016; BRACKMANN, 2017).

## FUNDAMENTAÇÃO

O conceito de pensamento computacional (PC) consolidou-se como uma das competências mais relevantes do século XXI, especialmente diante da crescente ubiquidade das tecnologias digitais e da inteligência artificial em diferentes setores sociais, educacionais e produtivos. A noção foi amplamente difundida a partir do artigo seminal de Jeannette Wing (2006), publicado na *Communications of the ACM*, no qual a autora defendeu que o PC deveria ser considerado uma competência universal, comparável à leitura, à escrita e à matemática. Em publicação posterior, Wing (2008) reforçou essa perspectiva, definindo o PC como a habilidade de formular problemas e expressar suas soluções de maneira que possam ser processadas por agentes computacionais, sejam eles humanos ou artificiais.

Antes mesmo da popularização do termo, Papert (1980) já havia proposto, com a criação da linguagem LOGO, que a programação poderia ampliar as capacidades cognitivas e favorecer o desenvolvimento do pensamento matemático em crianças. Essa concepção alinhava-se à visão construcionista, segundo a qual a interação com computadores estimula formas diferenciadas de raciocínio e aprendizagem ativa.

Na década de 2000, Denning (2009) sistematizou o PC como parte dos “princípios fundamentais da computação”, descrevendo-o como uma metacompetência cognitiva comparável ao raciocínio científico. Para ele, o PC não se restringe ao ensino de algoritmos, mas abrange práticas como modelagem de sistemas, simulação de cenários complexos e experimentação orientada por dados. Nesse mesmo período, Barr e Stephenson (2011) desempenharam papel relevante ao integrar o debate ao currículo da educação básica nos Estados Unidos, destacando quatro pilares essenciais do PC: decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e algoritmos. Essa formulação ganhou repercussão internacional, inspirando propostas curriculares em diversos países, incluindo o Brasil.

No contexto nacional, Valente (2016) defende que o PC deve ser compreendido como uma forma de letramento digital, articulando-se às competências previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2018), ainda que o termo não apareça de forma explícita no documento. Em continuidade, Valente e Brennand (2019) argumentam que o PC pode se integrar a diferentes disciplinas e possibilitar uma abordagem interdisciplinar do ensino, fortalecendo a construção de competências cognitivas e socioemocionais.

Um exemplo clássico para introduzir o conceito de **algoritmo** é a **sequência de passos para fazer um bolo**, pois permite aos estudantes compreenderem como um problema cotidiano pode ser resolvido de forma lógica e estruturada. Assim, o algoritmo para **fazer um bolo de chocolate** pode ser descrito da seguinte forma:

1. Reunir os ingredientes: farinha, ovos, leite, açúcar, chocolate em pó e fermento.
2. Misturar os ingredientes líquidos (ovos, leite, óleo).
3. Adicionar os ingredientes secos e misturar até obter uma massa homogênea.
4. Despejar em uma forma untada.
5. Levar ao forno preaquecido a 180 °C por cerca de 40 minutos.

6. Retirar, deixar esfriar e aplicar a cobertura de chocolate.

Segundo Brennan e Resnick (2012), o uso de exemplos cotidianos como o preparo de receitas culinárias facilita a compreensão dos princípios do pensamento computacional, especialmente os conceitos de **sequência**, **repetição** e **condicionalidade** — fundamentais para a formulação de algoritmos. Além disso, tais atividades contribuem para o desenvolvimento do raciocínio lógico e da autonomia dos estudantes.

Do ponto de vista metodológico, Resnick (2017) destaca que o ensino do PC deve alinhar-se aos princípios da aprendizagem criativa, sintetizados em quatro eixos: projetos, paixão, pares e ludicidade. Essa abordagem amplia o escopo do PC para além das habilidades técnicas, valorizando também aspectos criativos e colaborativos. Complementarmente, Shute et al. (2017) propõem que o PC seja concebido em três dimensões: conceitual (uso de abstrações, algoritmos e modelos), procedimental (estratégias de resolução de problemas) e atitudinal (postura crítica, criativa e colaborativa).

No Brasil, Brackmann (2017) evidenciou, em sua tese de doutorado, que atividades desplugadas aplicadas no ensino fundamental favorecem o desenvolvimento de habilidades como abstração e decomposição, mesmo em ambientes com recursos tecnológicos limitados. Esses resultados são de grande relevância para o contexto de escolas públicas, onde há desafios de infraestrutura.

Em termos de panorama internacional, Grover e Pea (2013) destacam que o PC já se encontra consolidado em diversos sistemas educacionais, mas ainda enfrenta obstáculos quanto à definição de métricas claras de avaliação e à necessidade de maior alinhamento entre currículos, formação docente e práticas pedagógicas. Nesse sentido, estudos recentes apontam que o avanço do PC na educação requer tanto fundamentação teórica quanto práticas pedagógicas contextualizadas e adaptadas a diferentes realidades escolares (YADAV et al., 2016).

Dessa forma, a fundamentação teórica evidencia que o PC:

1. Constitui uma competência transversal e metacognitiva;
2. Tem raízes históricas em autores como Papert;
3. Foi consolidado conceitualmente por Wing e Denning;
4. Está em processo de integração curricular (Barr & Stephenson; Valente);
5. Apresenta potencial transformador quando associado a metodologias criativas (Resnick) e inclusivas (Brackmann);
6. Demanda, ainda, pesquisas que explorem avaliação, aplicabilidade e impacto na formação docente (Grover & Pea; Shute et al.).

Segundo Brennan e Resnick (2012), o uso de exemplos cotidianos como o preparo de receitas culinárias facilita a compreensão dos princípios do pensamento computacional, especialmente os conceitos de **sequência**, **repetição** e **condicionalidade** — fundamentais para a formulação de algoritmos. Além disso, tais atividades contribuem para o desenvolvimento do raciocínio lógico e da autonomia dos estudantes.

## IMPORTÂNCIA DO PENSAMENTO COMPUTACIONAL

O pensamento computacional (PC) assume papel estratégico no século XXI por favorecer o desenvolvimento de competências cognitivas, sociais e profissionais em diferentes contextos. Em nível educacional, ele amplia a capacidade de resolução de problemas e melhora o desempenho em disciplinas como matemática e ciências. Já no mercado de trabalho, o PC contribui para a inovação, automação e análise de grandes volumes de dados, aspectos cada vez mais demandados em setores diversos. Pesquisas demonstram que a inserção do PC em currículos escolares estimula o raciocínio lógico, a autonomia e a criatividade dos estudantes (VALENTE, 2016). Além disso, promove a inclusão digital ao possibilitar que estudantes compreendam criticamente o funcionamento das tecnologias que utilizam cotidianamente. Para Shute et al. (2017), o PC também favorece a tomada de decisões baseadas em evidências, desenvolvendo cidadãos mais preparados para lidar com sistemas complexos.

No Brasil, a BNCC (2018) não menciona diretamente o PC, mas estabelece competências relacionadas ao raciocínio lógico e à resolução de problemas, criando brechas curriculares para sua adoção. Experiências relatadas por Brackmann (2017) e Valente e Brenand (2019) indicam que iniciativas pedagógicas, mesmo em contextos de recursos limitados, conseguem promover ganhos significativos na aprendizagem ao integrar atividades de PC.

### Exemplos de Aplicações e Resultados

O impacto do PC pode ser observado em diferentes níveis. No ensino fundamental, Brackmann (2017) demonstrou que atividades desplugadas aumentam o desempenho em matemática e estimulam a motivação dos alunos. Internacionalmente, o programa CS Unplugged (BELL et al., 2012) revelou ganhos no entendimento de conceitos como lógica e algoritmos sem a necessidade de computadores. No ensino superior, Grover e Pea (2013) relataram que cursos de engenharia que incorporaram PC observaram melhorias em modelagem matemática, programação e estatística. Valente e Brenand (2019) destacam que a capacitação docente é um fator decisivo para ampliar o alcance do PC, inclusive em áreas não tecnológicas. No mercado de trabalho, algoritmos de otimização aplicados à logística reduziram custos em até 20% (LEE et al., 2014), enquanto técnicas de análise de big data em saúde permitiram prever surtos epidemiológicos (SHUTE et al., 2017). Esses exemplos confirmam o potencial do PC como ferramenta de transformação social e econômica.



## Métodos de Ensino do Pensamento Computacional

O ensino do PC pode ser realizado por meio de metodologias diversas que se adaptam a diferentes contextos educacionais. Entre elas destacam-se: -

Aprendizagem baseada em projetos, que permite ao aluno investigar problemas reais de forma interdisciplinar;

Robótica e jogos educacionais, que promovem engajamento e facilitam a experimentação prática (RESNICK, 2017); -

Programação visual e textual, adaptada às diferentes idades e níveis cognitivos dos estudantes;

Atividades desplugada, que tornam o ensino do PC viável em escolas com restrições de infraestrutura (BELL et al., 2012). Essas metodologias reforçam que o PC não se limita à programação, mas articula criatividade, colaboração e pensamento crítico. Além disso, estimulam o desenvolvimento de competências socioemocionais, como persistência, trabalho em equipe e resolução colaborativa de problemas.

## ANÁLISE DE RESULTADOS

A análise dos resultados obtidos em diferentes contextos de implementação do pensamento computacional (PC) permite identificar evidências consistentes de seu impacto positivo tanto em ambientes educacionais quanto no mercado de trabalho. Do ponto de vista pedagógico, estudos empíricos mostram que atividades envolvendo PC promovem ganhos significativos no desempenho acadêmico, na motivação e na capacidade de resolução de problemas. Brackmann (2017), por exemplo, verificou em sua pesquisa de doutorado que a introdução de atividades desplugadas em escolas públicas brasileiras levou a melhorias mensuráveis nas habilidades de abstração e decomposição de estudantes do ensino fundamental, mesmo em contextos de infraestrutura limitada. Esse resultado confirma a hipótese de que a intencionalidade pedagógica supera a dependência exclusiva de recursos tecnológicos sofisticados.

No cenário internacional, revisões sistemáticas apontam resultados semelhantes. Grover e Pea (2013) destacam que a integração do PC em currículos de países como Estados Unidos, Reino Unido e Coreia do Sul resultou em maior engajamento estudantil e no fortalecimento de competências transversais, como pensamento crítico e colaboração. Além disso, iniciativas como o programa CS Unplugged demonstraram que é possível desenvolver conceitos fundamentais da ciência da computação por meio de atividades lúdicas, reforçando a aplicabilidade do PC em diferentes níveis de ensino (BELL et al., 2012).

No ensino superior, os resultados indicam efeitos positivos sobre a formação interdisciplinar. Grover e Pea (2013) observaram que cursos de engenharia que integraram PC em suas disciplinas apresentaram ganhos na capacidade de modelagem matemática,

programação e estatística, ampliando a competência dos alunos para enfrentar problemas complexos. Complementarmente, Valente e Brenand (2019) ressaltam que a formação docente é determinante para a consolidação desses resultados, uma vez que professores capacitados são capazes de adaptar metodologias de ensino às especificidades de cada área do conhecimento.

Na esfera profissional, os impactos do PC se traduzem em ganhos de eficiência e inovação. Pesquisas apontam que algoritmos de otimização podem reduzir custos logísticos em até 20% (LEE et al., 2014), enquanto métodos de análise preditiva, baseados em big data e inteligência artificial, têm sido utilizados com sucesso em saúde pública para prever surtos epidemiológicos (SHUTE et al., 2017). Esses resultados evidenciam a relevância do PC como competência transversal, com repercussões não apenas educacionais, mas também econômicas e sociais.

Contudo, os estudos analisados também apontam desafios. Entre eles, destacam-se a ausência de métricas padronizadas para avaliar a aprendizagem em PC, a carência de políticas públicas que promovam sua inserção explícita nos currículos nacionais e a necessidade de formação continuada de professores (GROVER; PEA, 2013; VALENTE, 2016). Assim, embora os resultados empíricos reforcem o potencial transformador do PC, sua consolidação como competência essencial do século XXI requer esforços estruturados de implementação, avaliação e acompanhamento.

## CONCLUSÃO

O pensamento computacional representa uma nova forma de pensar, comparável ao raciocínio científico e matemático. Sua incorporação em currículos escolares, formação docente e setores produtivos mostra impacto positivo em desempenho, engajamento e inovação. Contudo, sua consolidação requer investimentos em formação docente, políticas públicas de inclusão digital e estratégias pedagógicas inovadoras. O PC deve ser compreendido como eixo da alfabetização contemporânea, garantindo a formação de cidadãos capazes de atuar criticamente em um mundo orientado pela tecnologia.

Futuros trabalhos endereçam os desafios de implementação do pensamento computacional abrem espaço para futuros trabalhos acadêmicos e aplicados, como: (1) investigar modelos híbridos de capacitação docente; (2) desenvolver estratégias de inclusão digital em regiões periféricas; (3) explorar o papel do PC na interação com IA, IoT, realidade aumentada e metaverso; (4) criar métricas de avaliação de impactos cognitivos e produtivos; (5) ampliar políticas públicas para inclusão explícita do PC em currículos nacionais.

## REFERÊNCIAS

- BARR, V.; STEPHENSON, C. Bringing computational thinking to K-12: What is involved and what is the role of the computer science education community? *ACM Inroads*, v. 2, n. 1, p. 48–54, 2011.
- BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR (BNCC). Ministério da Educação. Brasília: MEC, 2018.
- BELL, T.; WITTEN, I.; FELLOWS, M. *CS Unplugged: An enrichment and extension programme for primary-aged children*. New Zealand: Computer Science Education Research Group, 2012.
- BRACKMANN, C. P. *Desenvolvimento do pensamento computacional através de atividades desplugadas na educação básica*. 2017. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.
- BRENNAN, Karen; RESNICK, Mitchel. New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. Proceedings of the 2012 Annual Meeting of the American Educational Research Association, Vancouver, 2012.
- DENNING, P. J. The profession of IT: The great principles of computing. *Communications of the ACM*, v. 52, n. 2, p. 28–30, 2009.
- GROVER, S.; PEA, R. Computational thinking in K–12: A review of the state of the field. *Educational Researcher*, v. 42, n. 1, p. 38–43, 2013.
- LEE, Y. H. et al. Supply chain performance and firm performance: A meta-analysis. *Journal of Supply Chain Management*, v. 50, n. 4, p. 84–93, 2014.
- PAPERT, S. *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. New York: Basic Books, 1980.
- RESNICK, M. *Lifelong kindergarten: Cultivating creativity through projects, passion, peers, and play*. Cambridge: MIT Press, 2017.
- SHUTE, V. J.; SUN, C.; ASBELL-CLARKE, J. Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, v. 22, p. 142–158, 2017.
- VALENTE, J. A. Pensamento computacional, letramento digital e a aprendizagem da programação. *Revista Educação e Cultura Contemporânea*, v. 13, n. 31, p. 425–446, 2016.
- VALENTE, J. A.; BRENNAND, E. Pensamento computacional e interdisciplinaridade: potenciais e desafios. *Revista Tecnologias na Educação*, v. 11, n. 23, p. 1–15, 2019.
- WING, J. M. Computational thinking. *Communications of the ACM*, v. 49, n. 3, p. 33–35, 2006.
- WING, J. M. Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, v. 366, p. 3717–3725, 2008.
- YADAV, A.; HONG, H.; STEPHENSON, C. Computational thinking for all: Pedagogical approaches to embedding 21st century problem solving in K-12 classrooms. *TechTrends*, v. 61, p. 565–568, 2016.