

Pensamento Computacional e Computação Física: uma Experiência na Construção de Atividades sobre Geração e Consumo de Energia Elétrica

Almir de Oliveira Costa Junior^{1,2}, José Anglada Rivera¹, Williany Stefane N. da Silva³

¹Programa de Pós-Graduação em Ensino Tecnológico (PPGET)
Instituto Federal do Amazonas (IFAM)
69.020-120 – Manaus – AM – Brazil

²Curso de Licenciatura em Computação – Escola Superior de Tecnologia (EST)
Universidade do Estado do Amazonas (UEA)
69.050-020 – Manaus – AM – Brazil

³Curso de Licenciatura em Física
Instituto Federal do Amazonas (IFAM/CMC) – Manaus, AM – Brazil

adjunior@uea.edu.br, jose.anglada@ifam.edu.br, willystef8@gmail.com

Abstract. *Studies suggest that Computational Thinking (CT) skills have been fostered mainly in the contexts of Mathematics and Computing. From this perspective, research argues that it is necessary to expand the areas of connection and application of these problem-solving skills, such as Physics, for example. In light of this, this article presents the results of an experience involving the design and evaluation of an activity that integrates Computational Thinking skills and Physical Computing (PC), with the aim of mediating the learning of concepts related to the generation and consumption of electrical energy. The evaluation results indicate a compliance rate of 96.24% with the established criteria.*

Resumo. *Estudos sugerem que as habilidades do Pensamento Computacional (PC) têm sido estimuladas principalmente nos contextos da Matemática e da Computação. Nessa perspectiva, pesquisas afirmam ser necessário ampliar as áreas de relação e aplicação dessas habilidades de resolução de problemas, como a Física, por exemplo. Diante disso, este artigo apresenta os resultados de uma experiência de criação e avaliação de uma atividade envolvendo habilidades do Pensamento Computacional e da Computação Física (CF), com a finalidade de mediar a aprendizagem de conceitos relacionados à geração e ao consumo de energia elétrica. Os resultados da avaliação indicam uma taxa de 96,24% de conformidade em relação aos critérios estabelecidos.*

1. Introdução

As habilidades do Pensamento Computacional (PC) vêm ganhando, a cada ano, aumento expressivo no número de pesquisas realizadas em contextos de ensino e aprendizagem [Berssanette and de Francisco 2021, Tekdal 2021, Irawan et al. 2024]. Contudo, estudos sugerem que a maioria desses trabalhos tem sido desenvolvido na perspectiva de alunos da Educação Básica [Acevedo-Borrega et al. 2022, Rege et al. 2023], havendo poucas evidências de experiências conduzidas no contexto da formação continuada e da aprendizagem de acadêmicos de licenciatura [Espinal et al. 2024, Rodrigues et al. 2024, Mikuska et al. 2024].

Quanto a esse último aspecto, estudos indicam que a maioria das experiências realizadas com esse público envolve, prioritariamente, acadêmicos de licenciatura em

Matemática, Pedagogia e Computação [Costa-Junior and Anglada-Rivera 2022a, Listiaji and Molnár 2025], havendo quase nenhuma evidência de participação de alunos do curso de Licenciatura em Física, por exemplo [Costa-Junior and Anglada-Rivera 2022a, 2025]. Ao que parece, grande parte dos cursos de formação de professores de Física tem se mostrado indiferente à inserção dessas habilidades no contexto formativo desses estudantes [Lane et al. 2023, Costa-Junior and Anglada-Rivera 2025].

Para além do contexto dos acadêmicos de Licenciatura em Física, pesquisas indicam que ainda existem poucas experiências desenvolvidas com o objetivo de aproximar as habilidades do PC para mediar o processo de ensino e aprendizagem de conhecimentos de Física [Handayani et al. 2023, Costa-Junior and Anglada-Rivera 2024b, Riwayani et al. 2025]. De certo modo, isso torna a temática atual e relevante, uma vez que, na BNCC, a segunda área com maior incidência de aspectos relacionados à resolução de problemas – uma das principais características do PC – é a área de Ciências da Natureza [Costa-Junior and Anglada-Rivera 2024b, Costa-Junior and Anglada-Rivera 2025].

Diante desse contexto, este artigo apresenta os resultados de uma experiência com acadêmicos de Licenciatura em Física, cujo objetivo foi mediar o processo de construção e avaliação de uma atividade prática envolvendo o Pensamento Computacional e a Computação Física, com a finalidade de auxiliar o processo de ensino e aprendizagem de conceitos relacionados à geração e ao consumo de energia elétrica. Para apresentar esses resultados, o artigo está organizado da seguinte forma: a revisão da literatura é discutida na Seção 2; a experiência e a proposta de atividade são detalhadas na Seção 3; e, por fim, as considerações finais são apresentadas na Seção 4.

2. Revisão da Literatura

De maneira geral, a BNCC Computação [Brasil 2022b, Brasil 2022c] e a Política Nacional de Educação Digital (PNED) [Brasil 2023] representam avanços significativos no que diz respeito à consolidação das habilidades do Pensamento Computacional (PC) no Brasil [Izidio et al. 2025]. No contexto dessas normativas, o PC é definido como “*a capacidade de compreender, analisar, definir, modelar, resolver, comparar e automatizar problemas e suas soluções, de forma metódica e sistemática, por meio do desenvolvimento de algoritmos*” [Costa-Junior and Anglada-Rivera 2024a].

A amplitude dessa definição já representa inúmeros desafios para sua operacionalização, uma vez que pressupõe que alunos e professores possuam uma compreensão para além de um entendimento superficial da área [Costa-Junior and Anglada-Rivera 2024a, 2025; Foohs et al. 2025]. Além disso, estudos sugerem que essas habilidades fazem emergir outros desafios antes de se consolidar em atividades de ensino e aprendizagem na educação brasileira [Guarda and Silveira 2023, Bender 2025].

Dentre esses desafios, destacam-se: a necessidade de se chegar a um consenso sobre uma definição e o conjunto básico de habilidades [Junior and de Sforzi 2023, Hamed et al. 2025]; o estabelecimento de instrumentos mais precisos e objetivos para mensurar essas habilidades [Jiménez et al. 2024, Ocampo et al. 2024, Hamed et al. 2025]; a elaboração e disponibilização de materiais didáticos que considerem o contexto educacional brasileiro [Guarda and Silveira 2023, Bender 2025]; e o investimento em ações mais efetivas sobre o PC no contexto da formação inicial e continuada de professores [Kravik et al. 2022, Mikuska et al. 2024, Espinal et al. 2024].

Sobre esses dois últimos aspectos (materiais e formação), estudos sugerem que existe uma demanda atual e urgente [Raabe and Cavalcante 2024, SBC 2025], uma vez que há escassez de materiais didáticos sobre o PC que considerem as particularidades da Educação Básica brasileira [Cruz et al. 2021, Guarda and Silveira 2023,

da Cruz et al. 2023, Bender 2025]. Esse problema se acentua ainda mais quando se trata da disponibilidade de materiais didáticos específicos para o contexto de aprendizagem de professores e daqueles que ainda estão em formação [Guarda and Silveira 2023, da Cruz et al. 2023, Suhendi et al. 2024].

Elaborar materiais didáticos sobre o PC direcionados a esses públicos torna-se ainda mais desafiador se considerarmos que existem cursos de licenciatura categorizados em aproximadamente 31 grandes áreas da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) [Brasil 2022a, Costa-Junior and Anglada-Rivera 2025]. Isso sinaliza um grande desafio do ponto de vista da implementação das habilidades do PC na formação inicial e continuada de professores, uma vez que será necessário investir em pesquisas que levem em consideração as especificidades e singularidades de cada uma dessas áreas [Costa-Junior and Anglada-Rivera 2022ab, 2023, 2025].

Além disso, não basta elaborar materiais didáticos genéricos que não atendam às especificidades formativas dos estudantes e dos professores. É preciso considerar, nesse processo, diversos aspectos, como, por exemplo, as estratégias educacionais a serem utilizadas, os instrumentos avaliativos e as ferramentas tecnológicas, dentre outras [da Cruz et al. 2023]. Nesse contexto, é importante considerar, ainda, que a maior parte das habilidades do PC na BNCC Computação é sugerida para ser estimulada por meio de abordagens plugadas [Costa-Junior et al. 2025].

Quanto a esse aspecto, de certo modo, essa característica apresenta pontos positivos, uma vez que estudos sugerem que abordagens plugadas, como linguagens de programação, robótica e computação física, tendem a ser mais efetivas para vivenciar, estimular e evidenciar as habilidades envolvidas no PC [Saxena et al. 2020, Polat and Yilmaz 2022, Erümit 2024, Lin et al. 2024]. Por outro lado, isso também pode representar inúmeros desafios, dentre eles: a inexistência, em grande parte das escolas do país, de infraestrutura mínima para essas práticas, como laboratórios de informática [Freire et al. 2021, Gomes et al. 2024, Costa-Junior et al. 2025], e/ou a falta de preparo docente para estimular essas habilidades por meio dessas ferramentas [Kravik et al. 2022, Li et al. 2023, Santana et al. 2025].

Por exemplo, no que diz respeito à Computação Física, embora algumas pesquisas indiquem que essa ferramenta tem se mostrado efetiva para auxiliar no desenvolvimento de habilidades do PC [Juškevičienė et al. 2021, Kastner-Hauler et al. 2022], é preciso considerar que grande parte dos professores desconhece esse termo e não sabe como aplicá-la em contextos reais de sala de aula [Govender and Govender 2021, Schätz and Martens 2022]. Além disso, as escolas podem não apresentar infraestrutura adequada para práticas com a Computação Física [Elliott et al. 2024, Costa-Junior et al. 2025], e ainda se sabe pouco sobre como mediar o PC por meio da CF, o que se configura como um espaço oportuno para novas investigações e aprofundamentos [Love and Asempapa 2022, Tsai 2023, Schwartz et al. 2024].

Diante desse cenário e na perspectiva de contribuir para as discussões e aprofundamentos entre esses dois conceitos, este artigo adota como definições operacionais que: **Pensamento Computacional** “*é a capacidade de formular e resolver problemas por meio da utilização da Computação Física*” [Costa-Junior and Anglada-Rivera 2024c, 2026] e **Computação Física** “*é um ambiente de aprendizagem em que são utilizadas estratégias e recursos da Ciência da Computação para resolver problemas práticos por meio da interação entre o mundo real e o virtual*” [Bentes et al. 2024, Flores et al. 2024, Freitas et al. 2024, Guedes et al. 2025].

3. A Experiência e a Proposta de Atividade

Nesta seção, são descritos o contexto da experiência, a apresentação da proposta de atividade e o respectivo processo de avaliação.

3.1. O Contexto da Experiência

A experiência relatada neste artigo resulta de uma etapa do processo de validação do Produto Educacional (PE) desenvolvido durante a pesquisa de doutorado de um discente do Programa de Pós-Graduação em Ensino Tecnológico (PPGET/IFAM), sob a orientação de um professor doutor em Física. A atividade apresentada e avaliada no contexto deste artigo (Seção 3.2.1) representa uma parcela dos resultados obtidos e foi desenvolvida por uma acadêmica do curso de Licenciatura em Física, público-alvo do PE da pesquisa do doutorando. A Figura 1 apresenta uma síntese das etapas, do conteúdo programático e do contexto no qual a atividade foi elaborada pela acadêmica.



Figura 1. Visão geral das etapas da experiência de concepção da atividade.

No total, participaram da experiência sete acadêmicos (quatro homens e três mulheres). Desses, apenas seis concluíram a experiência com a produção do projeto final, socializado na 10ª etapa (Figura 1). Contudo, neste artigo, apresenta-se prioritariamente a produção intelectual de apenas um desses participantes; os demais serão apresentados e analisados individualmente em estudos específicos. Além disso, cada uma das etapas dessa experiência foi conduzida em três horas/aula, totalizando, assim, uma carga horária de 30 horas.

3.2. Sobre a Atividade Final da Experiência

3.2.1. O Objetivo

De maneira geral, na atividade final da experiência (10ª etapa – Figura 1), os acadêmicos de Licenciatura em Física deveriam “*planejar e desenvolver uma atividade didática para auxiliar na aprendizagem de habilidades/conceitos da Física e do Pensamento Computacional por meio de um sistema de Computação Física*”. Para isso, eles deveriam mobilizar os conhecimentos adquiridos nas etapas anteriores a fim de planejar e desenvolver o trabalho final da experiência.

3.2.2. Os Requisitos Básicos

De maneira geral, a atividade final era composta por três partes: 1 – planejamento; 2 – banner e protótipo físico funcional; e 3 – apresentação/socialização do projeto na mostra. Para cada uma dessas partes, os participantes deveriam atender a requisitos e utilizar modelos e orientações específicas. Uma versão ampliada desses requisitos, orientações, *templates* e modelos pode ser acessada nos arquivos disponíveis no seguinte link: <https://tinyurl.com/2crzf7ce>.

- **Planejamento:** deveria conter: 1 - enunciado; 2 - requisitos; 3 - quadro de exercício dos pilares do PC desplugado do enunciado; 4 - visão geral do sistema de computação física; 5 - lista de materiais - *hardware*; 6 - lista de blocos - pictoblox; 7 - prototipagem do circuito; 8 - algoritmo - pictoblox; 9 pré-requisitos - conhecimento prévio; 10 - recursos e tecnologias de suporte; 11 - público-alvo; 12 - tempo de execução; 13 - lista de habilidades do eixo PC; 14 - lista de habilidades da Física; 15 - exemplos de questões avaliativas.
- **Protótipo:** o sistema de CF deveria apresentar/utilizar: transdutor de entrada: teclado ou mouse + 1 sensor ou 1 componente (Ex. Pushbuttons, etc.); transdutor de saída: monitor do computador – palco do PictoBlox + 1 atuador (Ex. LEDs, Módulo Relé, Buzzer, etc.); processamento: microcontrolador Arduino + circuito que implementa a solução para o problema do enunciado planejado; Programação: PictoBlox – Modo palco.
- **Banner:** deveria conter: objetivo, visão geral do sistema de CF, prototipagem do circuito do sistema de CF, lista de recursos e tecnologias de suporte, público-alvo, conceito e/ou habilidades da BNCC Ciências da Natureza, conceitos e/ou habilidades da BNCC Computação – eixo PC, imagem do algoritmo – PictoBlox (com imagem do palco).
- **Apresentação:** socialização em até 10 minutos; conter o protótipo funcional do sistema de CF e o banner fixado na parede da sala de apresentação; a ordem de apresentação definida em sorteio.

3.3. Uma das Propostas de Atividade – Resultado da Experiência

Nesta seção, apresenta-se brevemente uma das propostas de atividade resultantes da experiência, elaborada por uma acadêmica do curso de Licenciatura em Física. A proposta reflete o esforço intelectual da participante, e uma versão expandida do planejamento e do banner de apresentação pode ser acessada neste link (arquivos 2 e 3): <https://tinyurl.com/2crzf7ce>.

3.3.1. O Objetivo

No contexto de seu planejamento, a acadêmica do curso de Licenciatura em Física estabeleceu como objetivo da atividade “*elaborar um sistema de Computação Física com Arduino e Pictoblox para detectar luminosidade com um sensor LDR e, assim, acender ou apagar a lâmpada de acordo com a iluminação do ambiente*”.

3.3.2. Requisitos de Hardware e Software

Como requisitos de *hardware*, o artefato do sistema de CF da proposta de atividade era composto por: 1 Arduino Uno, 1 protoboard (400 pontos), 1 LED, 1 sensor LDR, 1 módulo relé (1 canal), 1 resistor de 120Ω e 10 jumpers M × M. Além disso, como tecnologias de suporte, foram utilizados ainda: 1 plug de tomada macho, 1 plug de tomada fêmea, 1 m de cabo paralelo, 2 × 1,0 mm, 1 lâmpada LED, 1 notebook e o PictoBlox versão 8.0.

Em relação ao algoritmo (*software*), foram utilizados os seguintes blocos do PictoBlox: Evento: quando a bandeira verde for clicada; Controle: sempre; se (condição) então/senão; Arduino (Uno): ler sensor digital no pino __; definir pino digital __ como saída Alto/Baixo; Atuadores: definir relé no pino __ como ligado/desligado; Variáveis: mude __ para; Aparência: diga __; mude para o cenário __. Suas principais características:

- Automatizar o acionamento de um sistema de iluminação a partir da detecção do nível de luminosidade ambiente, por meio de um protótipo com Arduino, sensor de luminosidade (LDR), LED e módulo relé. O algoritmo deve realizar continuamente a leitura do sinal digital do sensor conectado ao pino 2 do Arduino, interpretando esse valor como indicativo das condições de claridade do ambiente;

- Quando a leitura indicar baixa luminosidade (período noturno), o algoritmo aciona o pino digital 4 em nível alto, liga o relé no pino 3 e atualiza variáveis e elementos visuais do sistema, sinalizando que a iluminação está ligada e que o cenário corresponde ao período da noite (Figura 2b). Em contrapartida, quando a leitura indica alta luminosidade (período diurno), o sistema desativa o pino digital e o relé, desligando a carga elétrica associada, atualizando o cenário para o período diurno e registrando o estado de iluminação como desligado;
- Dessa forma, o algoritmo implementa um controle automático de iluminação, evidenciando a aplicação de conceitos de entrada de dados (sensor), processamento lógico (estrutura condicional) e saída (atuadores e variáveis de estado) em um sistema de CF.

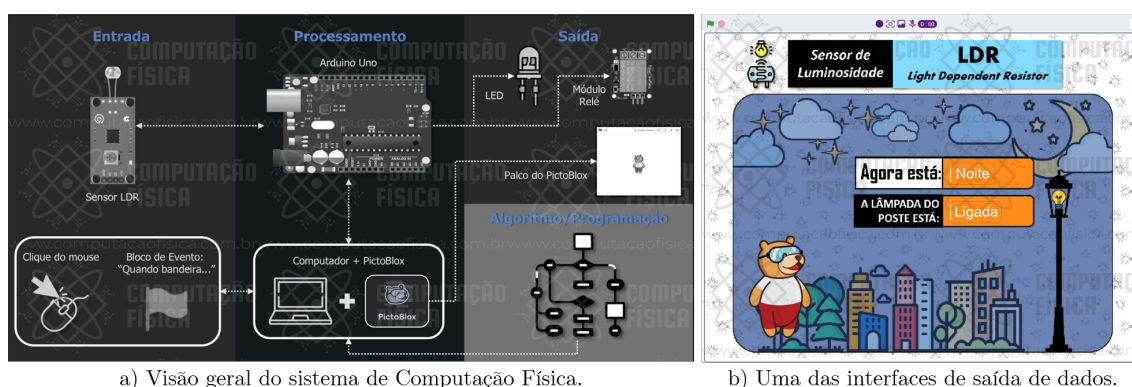


Figura 2. Visão geral e uma das interfaces de saída de dados do sistema de CF.

A Figura 2a apresenta uma visão geral do sistema de CF, e a Figura 2b ilustra uma das interfaces de saída de dados. Um vídeo do protótipo de média e alta fidelidade do sistema de Computação Física, com a demonstração de seu funcionamento, está disponível em: <https://youtu.be/f8d01KZIBUA>.

3.3.3. Habilidades do PC e Ciências da Natureza – BNCC

Em relação ao PC na BNCC Computação [Brasil 2022b], a acadêmica sinalizou, em seu planejamento, que a atividade envolveria o desenvolvimento das seguintes habilidades: Ensino Fundamental – EF06CO02: elaborar algoritmos que envolvam instruções sequenciais, de repetição e de seleção usando uma linguagem de programação; Ensino Médio – EM13CO16: desenvolver projetos com robótica, utilizando artefatos físicos ou simuladores; e EM13CO01: explorar e construir a solução de problemas por meio da reutilização de partes de soluções existentes. Ela também relacionou a atividade à habilidade EF06CO10 (Cultura Digital), embora as habilidades desse eixo não tivessem sido solicitadas no planejamento da atividade.

No que diz respeito às habilidades da área de Ciências da Natureza da BNCC [Brasil 2018], o planejamento destaca as seguintes habilidades: Ensino Fundamental – 8º ano: EF08CI02 – construir circuitos elétricos com pilha/bateria, fios e lâmpada ou outros dispositivos e compará-los a circuitos elétricos residenciais; EF08CI05 – propor ações coletivas para otimizar o uso de energia elétrica em sua escola e/ou comunidade, com base na seleção de equipamentos segundo critérios de sustentabilidade (consumo de energia e eficiência energética) e hábitos de consumo responsável. No Ensino Médio, destaca-se a habilidade EM13CNT106 – avaliar tecnologias e possíveis soluções para demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação

custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais.

3.3.4. Socialização da Proposta de Atividade

Nesta seção, são apresentados alguns registros da acadêmica durante a socialização de seu projeto na 10ª etapa da experiência (Figura 1). Nesse sentido, a Figura 3a apresenta um registro da apresentação inicial do projeto; a Figura 3b contextualiza uma das imagens de saída de dados do algoritmo; a Figura 3c demonstra o funcionamento do protótipo do sistema de Computação Física; e a Figura 3d apresenta uma visão geral da maquete e do protótipo do sistema de Computação Física.

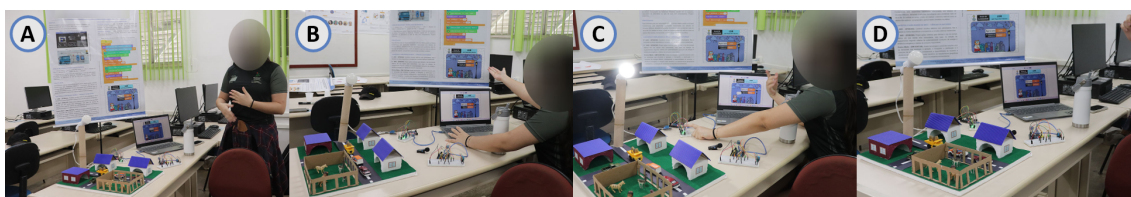


Figura 3. Registros da apresentação de socialização da proposta de atividade.

3.4. Resultado da Avaliação da Proposta de Atividade

Nesta seção, são apresentados os principais resultados obtidos no processo de avaliação do planejamento e da apresentação da proposta de atividade.

3.4.1. Sobre os Instrumentos de Avaliação – Rubricas

Para o processo de avaliação, foram utilizadas duas rubricas, com a finalidade de verificar a conformidade do planejamento com os requisitos da atividade e avaliar o desempenho da acadêmica na socialização de sua proposta. Essas rubricas foram elaboradas pelo doutorando, especificamente para o contexto de seu produto educacional.

De maneira geral, as rubricas são instrumentos/ferramentas de avaliação que tornam explícitos os critérios e padrões esperados em uma tarefa e apoiam o julgamento da qualidade do desempenho do estudante (realizado por avaliadores, professores e/ou pelos próprios estudantes), ao combinar critérios/aspetos, descrições de níveis de qualidade (níveis de domínio) para cada critério e, quando aplicável, uma estratégia de pontuação; em geral, organizam-se em formato de matriz/narrativa visual que decompõe a tarefa e orienta práticas avaliativas, sobretudo com finalidade formativa [Ragupathi and Lee 2020, Panadero and Jonsson 2020, English et al. 2022].

Nesse sentido, elas foram apresentadas de maneira antecipada aos alunos, como uma espécie de “pré-avaliação”, explicitando expectativas, critérios e auxiliando-os a planejar o trabalho [Ragupathi and Lee 2020]. Estudos sugerem que, como regra prática, quando o foco é a aprendizagem, recomenda-se compartilhar a rubrica antecipadamente e mobilizá-la ao longo do processo; quando o foco é apenas classificatório, ela tende a ser apresentada apenas ao final, o que reduz parte de seu potencial pedagógico [Ragupathi and Lee 2020, Panadero and Jonsson 2020, English et al. 2022].

A primeira rubrica possuía 71 perguntas, elaboradas para avaliar as 15 dimensões/itens do planejamento da atividade (Seção 3.2.2). A segunda rubrica, por sua

vez, possuía 17 perguntas, utilizadas para avaliar, prioritariamente, quatro aspectos-chave da apresentação da atividade final da experiência, a saber: 1 – Desempenho do(a) aluno(a); 2 – Qualidade do material de apoio (banner/pôster); 3 – Protótipo físico; e 4 – Integração dos conceitos (Física, PC e CF). As questões de ambas as rubricas podem ser encontradas neste link (arquivos 4 e 5): <https://tinyurl.com/2crzf7ce>.

3.4.2. Questões Éticas

O protocolo desta pesquisa foi submetido à Plataforma Brasil e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do IFAM (Parecer n.º 7.896.751, de 10 de outubro de 2025). Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), concordando com a coleta e a análise anônima dos dados.

3.4.3. Os Dados da Avaliação

As Tabelas 1 e 2 apresentam, respectivamente, a síntese dos dados obtidos com a aplicação das rubricas no planejamento e na apresentação da atividade pela acadêmica de Licenciatura em Física. Uma versão expandida desses dados pode ser acessada nos arquivos (4, 5, 6 e 7) disponíveis neste link: <https://tinyurl.com/2crzf7ce>.

Tabela 1. Resumo dos dados da avaliação do planejamento da atividade.

	Item	Questões	Total máximo de pontos no item	Total da pontuação obtida no item	Taxa (%) obtida no item	Média total de aproveitamento (%)
1	Enunciado	1 à 5	25	24	96,00%	96,24%
2	Requisitos	6 à 11	30	29	96,67%	
3	Quadro de exercício dos pilares do PC	12 à 16	25	25	100,00%	
4	Visão geral do sistema de Computação Física	17 à 22	30	30	100,00%	
5	Lista de materiais - Hardware	23 à 26	20	20	100,00%	
6	Lista de blocos - PictoBlox	27 à 31	25	24	96,00%	
7	Prototipagem do circuito	32 à 37	30	30	100,00%	
8	Algoritmo pronto	38 à 41	20	20	100,00%	
9	Pré-requisitos para desenvolver a atividade	42 à 45	20	19	95,00%	
10	Recursos e tecnologias de suporte	46 à 49	20	16	80,00%	
11	Público-alvo da atividade	50 à 53	20	20	100,00%	
12	Tempo médio para execução da atividade	54 à 57	20	20	100,00%	
13	Lista de conceitos e habilidade do eixo PC da BNCC Computação	58 à 62	25	20	80,00%	
14	Lista de habilidades e conceitos da Física	63 à 67	25	25	100,00%	
15	Exemplos de questões avaliativas - PC	68 à 71	20	20	100,00%	

Sobre o planejamento, as maiores taxas (100%) de atendimento aos critérios estabelecidos para a atividade foram obtidos nos itens: 3, 4, 5, 7, 8, 11, 12, 14 e 15 (Tabela 1). As menores taxas, em ordem crescente, foram verificadas nos itens 10 – Recursos e tecnologias de suporte (80%); 13 – Lista de conceitos e habilidades do eixo PC da BNCC Computação (80%); 9 – Pré-requisitos para desenvolver a atividade (95%); 1 – Enunciado (96%); 6 – Lista de blocos - PictoBlox (96%); e 2 – Requisitos (96,67%).

Sobre o item 10 (80%), na questão 48, referente à clareza e especificidade dos itens listados, foi atribuída a nota 4, uma vez que a lista continha alguns elementos que não deixavam claro se a quantidade de materiais correspondia a apenas um projeto ou a vários projetos em uma mesma turma. Ainda no contexto desse item (10), na questão 49, relativa à adequação ao contexto escolar e à viabilidade de uso educacional, foi atribuída a nota 2, considerando que as tecnologias listadas podem representar um desafio para a maioria das escolas do país, uma vez que a disponibilidade de laboratórios e de ferramentas para práticas com CF pode não estar presente na maior parte das instituições de ensino [Costa-Junior et al. 2025]. Trata-se, portanto, de uma limitação que extrapola o

planejamento da atividade, estando relacionada ao contexto sociocultural e tecnológico do sistema educacional brasileiro.

Em relação ao item 13 (80%), na questão 59, referente à indicação explícita das habilidades do eixo PC, foi atribuída a nota 4, uma vez que habilidades mais amplas e pertinentes ao contexto da resolução de problemas envolvida na atividade não foram especificadas, como, por exemplo: EF06CO03, EF07CO02, EF08CO01, EF09CO03, entre outras. Ainda no contexto desse item (13), na questão 61, relativa à distinção entre habilidades primárias e secundárias, foi atribuída a nota 1, pois, no planejamento, as habilidades não foram organizadas com base nesses grupos, mesmo havendo essa orientação explícita no template e no modelo preenchido. Essa separação foi observada apenas no banner da atividade.

No item 9 (95%), a questão 43, referente à abrangência e à completude dos pré-requisitos, recebeu nota 4, pois foi identificada a ausência de alguns requisitos básicos, como, por exemplo, a escrita de valores discretos em portas digitais, necessária para ligar e desligar um LED. Na sequência, no item 1 (96%), questão 2, referente à clareza e objetividade do enunciado, foi atribuída nota 4, uma vez que foram identificados alguns termos ambíguos e não padronizados, como, por exemplo, o uso alternado de “sensor LDR” e “luminosidade”, demandando a adoção de uma nomenclatura padronizada.

No item 6 (96%), na questão 28, referente à completude e fidelidade à implementação do algoritmo, atribuiu-se nota 4, pois foram identificadas ausências de blocos, como, por exemplo, os blocos de aparência: diga __; mude para o cenário __. Por fim, no item 2 (96,67%), a questão 8, referente à organização e estrutura dos requisitos, recebeu nota 4, uma vez que, na lista, não foram explicitados claramente os grupos de *hardware* e *software*. Os recursos foram listados, porém em ordem e tópicos distintos desses dois grupos.

No geral, o planejamento obteve uma taxa global de classificação de 96,24% (Tabela 1), o que o enquadra na categoria/nível Excelente (5) (90–100%), sendo, portanto, considerado robusto e consistente, com enunciado e requisitos bem definidos, alinhamentos (PC/CF/Física/BNCC) explícitos, artefatos e representações (sistema, circuito e algoritmo) bem documentados e alta viabilidade didática.

Tabela 2. Resumo dos dados da avaliação da apresentação da atividade.

Item	Questões	Total máximo de pontos no item	Total da pontuação obtida no item	Taxa (%) obtida no item	Média total de aproveitamento (%)
1 Desempenho do(a) Aluno (a)	1 à 4	20	19	95,00%	95,42%
2 Qualidade do material de apoio (Banner/Pôster)	5 à 9	25	25	100,00%	
3 Protótipo físico	10 à 12	15	13	86,67%	
4 Integração dos Conceitos (Física, PC e CF)	13 à 17	25	25	100,00%	

Em relação à rubrica de avaliação da apresentação da atividade na 10ª etapa da experiência (Figura 1), os dados indicam que as maiores taxas (100%) de atendimento aos critérios estabelecidos no instrumento foram obtidas nos itens 2 – Qualidade do material de apoio (Banner/Pôster) e 4 – Integração dos conceitos (Física, PC e CF) (Tabela 2). As menores taxas, por sua vez, foram registradas no item 1 – Desempenho do(a) aluno(a) e no item 3 – Protótipo físico (Tabela 2).

No item 1 (95%), na questão 3, referente ao domínio do conteúdo, foi atribuída nota 4, uma vez que a acadêmica não soube explicar, em algumas situações, o porquê de inconsistências na execução do algoritmo e na resposta/ação do protótipo físico (Tabela 2). Já no item 3 (86,67%), na questão 10, referente à funcionalidade do protótipo físico, foi atribuída nota 3, já que o sistema apresentou algumas falhas durante as execuções. Em

alguns momentos, ele deixou de identificar a ausência e a presença de luminosidade.

No geral, a apresentação da atividade foi classificada com uma taxa de 95,42%, permitindo seu enquadramento no nível/categoria Excelente (5) (90–100%); assim, trata-se de uma apresentação muito consistente, com comunicação clara e segura, bom uso do tempo, banner completo/legível/coerente, protótipo funcional e bem montado, e integração explícita entre PC–CF–Física com relevância pedagógica.

4. Considerações Finais

De maneira geral, os dados apresentados neste artigo evidenciam de forma significativa que a experiência propiciou um ambiente favorável ao desenvolvimento efetivo daquilo que era requerido na atividade final. Contudo, esses resultados devem ser analisados com cautela, uma vez que refletem apenas 1 (16,67%) dos projetos desenvolvidos (total de 6). Ou seja, os dados referentes aos demais projetos também precisam ser considerados, na perspectiva de contribuir para uma compreensão mais ampla e precisa da efetividade da experiência como um todo.

Em relação à rubrica, é importante considerar que, assim como todo instrumento de avaliação, ela possui limitações, uma vez que pode não abranger todas as dimensões possíveis e necessárias do processo avaliativo. Por exemplo, em sua versão atual, não há critérios específicos para verificar se alguma etapa e/ou conteúdo do planejamento foi elaborado com o auxílio de ferramentas de IA generativa. Além disso, a rubrica também não prevê situações em que os(as) alunos(as) possam ir além do que é explicitamente solicitado nos requisitos da atividade. No caso da atividade apresentada neste artigo, por exemplo, a aluna desenvolveu uma maquete com materiais alternativos para simular um poste e uma cidade (Figura 3), o que não era um requisito previsto na atividade final da experiência. Nesse sentido, poderia ser incluído um item que permitisse bonificar o resultado final quando algum aspecto da atividade fosse desenvolvido para além do que foi solicitado inicialmente.

Ainda que os dados estejam limitados a uma pequena amostra, é importante considerar que a experiência e as rubricas representam, para os acadêmicos de Licenciatura em Física, um exemplo concreto de como poderão replicar, em suas futuras práticas docentes, atividades de ensino e aprendizagem de conceitos da Física articuladas às habilidades do Pensamento Computacional e mediadas pela utilização da Computação Física. Além disso, para além do PC e da CF, ao vivenciarem essa experiência, esses acadêmicos poderão se inspirar e adaptar as estratégias e os recursos tecnológicos empregados para utilização em outros contextos e espaços educativos.

Destaca-se, ainda, a importância de analisar os dados de outras dimensões da aprendizagem dos acadêmicos, como aquelas relacionadas aos conceitos e à aplicação prática das habilidades do PC em contextos de resolução de problemas por meio da construção de artefatos da Computação Física. Para além da atividade final, é necessário examinar também as evidências do processo ao longo de toda a experiência, bem como a progressão da aprendizagem ao longo do tempo. Dessa forma, os resultados poderão representar um cenário mais descritivo e preciso da estrutura cognitiva desses futuros professores.

Como trabalhos futuros, pretende-se: (i) aprimorar as rubricas utilizadas na avaliação do planejamento e da apresentação da atividade; (ii) apresentar as avaliações dos demais projetos, realizando comparações entre os dados obtidos; e (iii) analisar as evidências da aprendizagem dos acadêmicos no que diz respeito aos conceitos e à aplicação prática das habilidades do Pensamento Computacional, realizando cruzamentos com os dados provenientes da avaliação do planejamento e da apresentação final.

Declaração sobre uso de Inteligência Artificial

Os autores declaram que não utilizaram ferramentas de Inteligência Artificial Generativa (como ChatGPT, Claude, Gemini ou similares) em nenhuma etapa da concepção, coleta de dados, análise, redação ou revisão linguística deste manuscrito. Todo o conteúdo foi produzido integralmente pelos autores.

Referências

- Acevedo-Borrega, J., Valverde-Berrocso, J., and Garrido-Arroyo, M. d. C. (2022). Computational thinking and educational technology: A scoping review of the literature. *Education Sciences*, 12(1):39. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-7102/12/1/39>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- Bender, D. D. B. B. (2025). Desafios e necessidades formativas para implementar a BNCC Computação em Santa Maria/RS. *Educação*, 50(1):e117/1-32. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reeducacao/article/view/91724>. Acesso em 25 de fev. 2026.
- Bentes, J., Flores, E., Guedes, A., Freitas, M. L., Junior, A. C., and Rivera, J. (2024). Computação física e pensamento computacional - cidades automatizadas: Uma proposta de livro didático para o 7º ano. In *Anais do XXXV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 3222-3233, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/ys6p25an>. Acesso em: 13 de jan. 2026.
- Berssanette, J. H. and de Francisco, A. C. (2021). Um panorama das pesquisas sobre pensamento computacional em programas de pós-graduação no brasil: A panorama of research on computational thinking in graduate programs in brazil. *Revista Contexto & Educação*, 36(114):31-53. Disponível em: <https://tinyurl.com/89xc3958>. Acesso em: 31 de mar. 2026.
- Brasil (2018). Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Ministério da Educação. Disponível em: <https://tinyurl.com/ytakapk9>. Acesso em: 05 de fev. 2026.
- Brasil (2022a). Cursos de Graduação do Brasil. Ministério da Educação. Portal de Dados Abertos do Brasil. Disponível em: <https://tinyurl.com/5d4av784>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- Brasil (2022b). Normas sobre Computação na Educação Básica – BNCC Computação. Disponível em: <https://tinyurl.com/388jfb2m>. Acesso em: 08 de jan. 2026.
- Brasil (2022c). PARECER CNE/CEB Nº: 2/2022. Disponível em: <https://tinyurl.com/yjbkztv5>. Acesso em: 08 de jan. 2026.
- Brasil (2023). Política Nacional de Educação Digital (PNED). Disponível em: <https://tinyurl.com/48j7f57h>. Acesso em: 08 de jan. 2026.
- Costa-Junior, A. d. O. and Anglada-Rivera, J. (2022a). O pensamento computacional como objeto de estudo na formação inicial de professores em pesquisas de doutorado: uma revisão sistemática. *Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica*, 2(22):e13692-e13692. Disponível em: <https://tinyurl.com/3rcvu8mf>. Acesso em: 15 de jan. 2026.
- Costa-Junior, A. d. O. and Anglada-Rivera, J. (2022b). Pensamiento computacional: reflexiones sobre la formación inicial docente en brasil. In *Memorias del Seminario Iberoamericano de Pensamiento Computacional (SIPECO)*, Xalapa – Veracruz, México. Disponível em: <https://tinyurl.com/5ashkbzz>. Acesso em: 25 de fev. 2026.

- Costa-Junior, A. d. O. and Anglada-Rivera, J. (2023). Pensamiento computacional: reflexiones sobre la formación inicial docente en brasil. In Gamboa, J. A. C., Mora, K. M. F., Pérez, M. E. G., Gamboa, R. M., and Castellanos, M. Q., editors, *Pensamiento Computacional en Iberoamérica*, pages 39–66. Disponível em: <https://tinyurl.com/4aj7z3e4>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- Costa-Junior, A. d. O. and Anglada-Rivera, J. (2024a). BNCC Computação: O que os acadêmicos de licenciatura precisam saber sobre o Pensamento Computacional? In *Anais do XXXII Workshop sobre Educação em Computação*, pages 878–891, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/ef39eb3x>. Acesso em: 12 jan. 2026.
- Costa-Junior, A. d. O. and Anglada-Rivera, J. (2024b). O pensamento computacional no processo de ensino e aprendizagem da física: Uma revisão sistemática. In *Anais do XXXII Workshop sobre Educação em Computação*, pages 525–540, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/8yzzenj9>. Acesso em: 19 de jan. 2026.
- Costa-Junior, A. d. O. and Anglada-Rivera, J. (2024c). Uma proposta de instrumento avaliativo para identificar habilidades do pensamento computacional por meio da computação física. In *Anais do IV Simpósio Brasileiro de Educação em Computação*, pages 314–324. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/mvybnce7>. Acesso em: 01 de fev. 2026.
- Costa-Junior, A. d. O. and Anglada-Rivera, J. (2025). Pensamento computacional: um panorama sobre os cursos de licenciatura em física no amazonas. *Revista Brasileira de Pós-Graduação*, 19(40):1–32. Disponível em: <https://tinyurl.com/mbpjbtaw>. Acesso em: 17 de jan. 2026.
- Costa-Junior, A. d. O. and Anglada-Rivera, J. (2026). Teste de pensamento computacional com computação física: Uma proposta de instrumento avaliativo para o processo de ensino e aprendizagem de acadêmicos de licenciatura. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 34:1–37. Disponível em: <https://tinyurl.com/3kfvspaw>. Acesso em: 01 de fev. 2026.
- Costa-Junior, A. d. O., Flores, E. F., and Anglada-Rivera, J. (2025). Pensamento computacional por meio da computação física: Desafios e possibilidades para a implementação da computação no brasil. In Silva, C. B. d., Guilherme, W. D., Bandeira, G. M. d. S., Pavanelli-Zubler, E. P., and Mello, R. G., editors, *Educação em perspectiva: diálogos e práticas contemporâneas em tecnologia, formação docente, ensino e aprendizagem*, pages 208–226. e-Publicar, Rio de Janeiro – RJ. Disponível em: <https://tinyurl.com/vb7ev638>. Acesso em: 05 de jan. 2026.
- Cruz, M. E. K. d., Marques, S. G., and Oliveira, W. (2021). Desenvolvimento e avaliação de material didático desplugado para o ensino de computação na educação básica. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 29:160–187. Disponível em: <https://journals-sol.sbc.org.br/index.php/rbie/article/view/2993>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- da Cruz, M. E. J. K., Marques, S. G., Tavares, T. E., Oliveira, W., and Seelig, G. B. (2023). Normas, diretrizes e material didático para o ensino de computação na educação básica brasileira. In *simpósio brasileiro de educação em computação (educomp)*, pages 337–346. SBC. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/educomp/article/view/23904>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- Elliott, C. H., Nixon, J., Chakarov, A. G., Schneider, M., and Bhaduri, S. (2024). It’s not working!: Critical problems in emergent infrastructures of classroom physical compu-

- ting. In *Proceedings of the 18th International Conference of the Learning Sciences-ICLS 2024*, pp. 929-936. International Society of the Learning Sciences. Disponível em: <https://repository.isls.org/handle/1/11190>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- English, N., Robertson, P., Gillis, S., and Graham, L. (2022). Rubrics and formative assessment in k-12 education: A scoping review of literature. *International Journal of Educational Research*, 113:101964. Disponível em: <https://tinyurl.com/z29bsbdh>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- Erümit, S. F. (2024). Collaboration of unplugged and plugged activities for primary school students: Developing computational thinking with programming. *International Journal of Computer Science Education in Schools*, 6(3):n3. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1428854>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- Espinal, A., Vieira, C., and Magana, A. J. (2024). Professional development in computational thinking: A systematic literature review. *ACM Transactions on Computing Education*, 24(2):1–24. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3648477>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- Flores, E., Guedes, A., Bentes, J., Freitas, M. L., Junior, A. C., and Rivera, J. (2024). Computação física e pensamento computacional - minha casa automatizada: Uma proposta de livro didático para o 6º ano. In *Anais do XXXV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 3160–3172, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/ysuke2ft>. Acesso em: 13 de jan. 2026.
- Foohs, M. M., Rebouças, R. O. M., and dos Santos Krüger, J. A. P. (2025). Pensamento computacional e sua identidade conceitual no pós-bncc. *Revista Edutec-Educação, Tecnologias Digitais e Formação Docente*, 5(1). Disponível em: <https://tinyurl.com/ycttz6zx>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- Freire, R. R. B., Da Silva, E. V., De Souza, R. A. L., and Vieira, S. C. (2021). A realidade dos laboratórios de informática nas escolas públicas de maués: um estudo de caso. *Brazilian Journal of Development*, 7(1):3847–3858. Disponível em: <https://tinyurl.com/4dx8r67h>. Acesso em: 31 de mar. 2026.
- Freitas, M. L., Flores, E., Guedes, A., Bentes, J., Junior, A. C., and Rivera, J. (2024). Computação física e pensamento computacional - sociedade sustentável: Uma proposta de livro didático para o 8º ano. In *Anais do XXXV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 3234–3245, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/mpdh36tc>. Acesso em: 13 de jan. 2026.
- Gomes, R. M. d. O., de Medeiros, E. A., and Santos, J. M. C. T. (2024). A política dos laboratórios de informática em escolas públicas: o proinfo em interpretações docentes. *Revista Pesquisa Qualitativa*, 12(31):168–189. Disponível em: <https://tinyurl.com/3hx2vexy>. Acesso em: 31 de mar. 2026.
- Govender, R. G. and Govender, D. W. (2021). A physical computing approach to the introduction of computer programming among a group of pre-service teachers. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 25(1):91–102. Disponível em: <https://journals.co.za/doi/abs/10.1080/18117295.2021.1924440>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- Guarda, G. F. and Silveira, I. F. (2023). Desafios e caminhos para a implementação da bncc computação no ensino médio. In *Workshop de Informática na Escola (WIE)*, pages 798–809. SBC. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/wie/article/view/26362>. Acesso em: 25 de fev. 2026.

- Guedes, A. d. J., Flores, E., Bentes, J., Freitas, M., Costa-Junior, A. d. O., and Anglada-Rivera, J. (2025). Computação Física e Pensamento Computacional - indústria 4.0: Uma proposta de livro didático para o 9º ano. In *Anais do V Simpósio Brasileiro de Educação em Computação*, pages 624–638, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/yrztv2xv>. Acesso em: 13 de jan. 2026.
- Hamed, A. S. A., Wong, S. L., Md Khambari, M. N., Abd Rahim, N. A., Khalid, F., and Moses, P. (2025). A bibliometric analysis of computational thinking skills: definition, components and assessment tools. *Research & Practice in Technology Enhanced Learning*, 20. Disponível em: <https://tinyurl.com/5n8wswyu>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- Handayani, R. D., Lesmono, A. D., Prastowo, S. H. B., Supriadi, B., and Dewi, N. M. (2023). Students' computational thinking skills in physics learning: A case study of kinematic concepts. *Indonesian Review of Physics (IRiP)*, 6(1):1–9. Disponível em: <https://journal2.uad.ac.id/index.php/irip/article/view/6464>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- Irawan, E., Rosjanuardi, R., and Prabawanto, S. (2024). Research trends of computational thinking in mathematics learning: A bibliometric analysis from 2009 to 2023. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(3):em2417. Disponível em: <https://tinyurl.com/4dxeaypz>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- Izidio, T. E., de Almeida, D. H., Medeiros, I. G., da Silva, J. F., Alves Filho, S. E., and Morais, C. G. (2025). Pensamento computacional na educação básica brasileira: um panorama pré e pós resolução n.º 1/2022. In *Workshop sobre Educação em Computação (WEI)*, pages 539–551. SBC. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/wei/article/view/36195>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- Jiménez, M., Zapata-Cáceres, M., Román-González, M., Robles, G., Moreno-León, J., and Martín-Barroso, E. (2024). Computational concepts and their assessment in preschool students: An empirical study. *Journal of Science Education and Technology*, 33(6):998–1020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10956-024-10142-8>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- Junior, C. R. B. and de Sforzi, M. S. F. (2023). Pesquisas experimentais no desenvolvimento do pensamento computacional: um mapeamento sistemático de literatura no ensino de conceitos de computação. *Educação em Foco*, 26(49). Disponível em: <https://revista.uemg.br/educacaoemfoco/article/view/6623>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- Juškevičienė, A., Stupurienė, G., and Jevsikova, T. (2021). Computational thinking development through physical computing activities in steam education. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(1):175–190. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cae.22365>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- Kastner-Hauler, O., Tengler, K., Sabitzer, B., and Lavicza, Z. (2022). Combined effects of block-based programming and physical computing on primary students' computational thinking skills. *Frontiers in Psychology*, 13:875382. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2022.875382/full>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- Kravik, R., Berg, T. K., and Siddiq, F. (2022). Teachers' understanding of programming and computational thinking in primary education—a critical need for profes-

- nal development. *Acta Didactica Norden*, 16(4):23–sider. Disponível em: <https://journals.uio.no/adnorden/article/view/9194>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- Lane, W. B., Galanti, T. M., and Rozas, X. (2023). Teacher re-novicing on the path to integrating computational thinking in high school physics instruction. *Journal for STEM Education Research*, 6(2):302–325. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s41979-023-00100-1>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- Li, Q., McNary, S. W., and Boyd, T. (2023). Assessment of computational thinking: A study of preservice teachers’ knowledge and beliefs. *Athens Journal of Sciences*, 10(2):65–82. Disponível em: <https://tinyurl.com/2wturmte>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- Lin, Y., Liao, H., Weng, S., and Dong, W. (2024). Comparing the effects of plugged-in and unplugged activities on computational thinking development in young children. *Education and Information Technologies*, 29(8):9541–9574. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-023-12181-x>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- Listiaji, P. and Molnár, G. (2025). Integrating computational thinking into teacher education: A systematic literature review. *International Journal of Educational Research*, 133:102682. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0883035525001557>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- Love, T. S. and Asempapa, R. S. (2022). A screen-based or physical computing unit? examining secondary students’ attitudes toward coding. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 34:100543. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212868922000617>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- Mikuska, M. I. S., Brisola Brito Prado, M. E., and Valente, J. A. (2024). Formação de professores no brasil em pensamento computacional: uma revisao sistemática de literatura. *TE & ET*. Disponível em: <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/168291>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- Ocampo, L. M., Corrales-Álvarez, M., Cardona-Torres, S. A., and Zapata-Cáceres, M. (2024). Systematic review of instruments to assess computational thinking in early years of schooling. *Education Sciences*, 14(10):1124. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-7102/14/10/1124>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- Panadero, E. and Jonsson, A. (2020). A critical review of the arguments against the use of rubrics. *Educational Research Review*, 30:100329. Disponível em: <https://tinyurl.com/ydez8u47>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- Polat, E. and Yilmaz, R. M. (2022). Unplugged versus plugged-in: Examining basic programming achievement and computational thinking of 6th-grade students. *Education and Information Technologies*, 27(7):9145–9179. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-022-10992-y>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- Raabe, A. and Cavalcante, E. d. A. (2024). Revisão sistemática sobre a formação professores da educação básica para ensinar computação. *Informática na educação: teoria & prática*, 27(2). Disponível em: <https://tinyurl.com/2ajaj7ar>. Acesso em: 13 de jan. 2026.

- Ragupathi, K. and Lee, A. (2020). Beyond fairness and consistency in grading: The role of rubrics in higher education. In *Diversity and inclusion in global higher education: Lessons from across Asia*, pages 73–95. Springer. Disponível em: <https://tinyurl.com/mb3xh3pc>. Acesso em 25 de fev. 2026.
- Rege, A., de Castro Salgado, L. C., and Viterbo, J. (2023). Pensamento computacional no contexto da educação brasileira: um mapeamento sistemático da literatura nos diferentes níveis de ensino. *RENOTE*, 21(2):413–422. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/137777>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- Riwayani, Istiyono, E., Supahar, Perdana, R., Jumadi, and Soeharto (2025). A systematic literature review of computational thinking study in physics learning. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*, 14(4):2698–2709. Disponível em: <https://tinyurl.com/yfjtw8rc>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- Rodrigues, R. N., Costa, C., and Martins, F. (2024). Integration of computational thinking in initial teacher training for primary schools: a systematic review. In *Frontiers in Education*, volume 9, page 1330065. Frontiers Media SA. Disponível em: <https://tinyurl.com/39s6uxpf>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- Santana, C. H. d., Herculani, J. B., Colanzi, T. E., Saito, H. T. I., and Amaral, A. M. M. M. (2025). Percepções dos professores sobre o desenvolvimento do pensamento computacional na educação infantil. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 33:176–196. Disponível em: <https://journals-sol.sbc.org.br/index.php/rbie/article/view/4970>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- Saxena, A., Lo, C. K., Hew, K. F., and Wong, G. K. W. (2020). Designing unplugged and plugged activities to cultivate computational thinking: An exploratory study in early childhood education. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 29(1):55–66. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40299-019-00478-w>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- SBC (2025). Grandes Desafios da Educação em Computação 2025-2035: Resumo Executivo. Disponível em: <https://tinyurl.com/bds324cy>. Acesso em: 29 de jan. 2026.
- Schätz, E. and Martens, A. (2022). Physical computing systems—a systematic approach. *International Association for Development of the Information Society*. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=ED626879>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- Schwartz, L., Maquil, V., Johannsen, L., Moll, C., and Hermen, J. (2024). Teaching computational thinking with a tangible development platform: An exploratory field study at school with kniwwelino. *Education and Information Technologies*, 29(4):4935–4967. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-023-11983-3>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- Suhendi, H. Y., Ardiansyah, R., and Diella, D. (2024). Development of a computational thinking (ct) module to help pre-service teachers learn how to design ct instruments. *KnE Social Sciences*, pages 39–49. Disponível em: <https://tinyurl.com/44tnyz8n>. Acesso em: 25 de fev. 2026.
- Tekdal, M. (2021). Trends and development in research on computational thinking. *Education and Information Technologies*, 26(5):6499–6529. Disponível em: <https://tinyurl.com/3s3d32mw>. Acesso 25 de fev. 2026.
- Tsai, F.-H. (2023). Using a physical computing project to prepare preservice primary teachers for teaching programing. *Sage Open*, 13(4):21582440231205409.

Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/21582440231205409>. **Acesso em:** 25 de fev. 2026.