

Pensamento Computacional, Computação Física e o Consumo de Energia Elétrica: Uma Experiência na Aprendizagem de Acadêmicos de Licenciatura em Física

Almir de Oliveira Costa Junior^{1,2} , José Anglada Rivera¹ , Andrey de Jesus Guedes²

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

adjunior@uea.edu.br, jose.anglada@ifam.edu.br, ajg.lic19@uea.edu.br

Abstract. *Studies indicate that the implementation of BNCC Computing poses numerous challenges to its consolidation within the Brazilian educational system, highlighting the need for investments in technological infrastructure, effective initial and continuing teacher education initiatives, and the availability of teaching materials aligned with the specificities of the country's educational context. In this scenario, this article reports an experience that employed an activity proposal addressing concepts related to Electric Energy Consumption (EEC), mediated by Computational Thinking (CT) skills and Physical Computing (PC) artifacts, in the teaching and learning process of Physics Education undergraduates.*

Resumo. *Estudos indicam que a implementação da BNCC Computação representa inúmeros desafios para sua consolidação no sistema educacional brasileiro, destacando-se a necessidade de investimentos em infraestrutura tecnológica, ações efetivas de formação inicial e continuada de professores e a disponibilização de materiais didáticos alinhados às especificidades do contexto educacional do país. Diante desse cenário, este artigo relata uma experiência que utilizou uma proposta de atividade sobre conceitos relacionados ao Consumo de Energia Elétrica (CEE), mediada por habilidades do Pensamento Computacional (PC) e por artefatos da Computação Física (CF), no processo de ensino e aprendizagem de acadêmicos de licenciatura em Física.*

1. Introdução

A BNCC Computação [Brasil 2022a, Brasil 2022b] e a Política Nacional de Educação Digital (PNED) [Brasil 2023] representam avanços importantes para a inserção das habilidades do Pensamento Computacional (PC) no contexto da Educação Básica (EB) brasileira. Contudo, elas também evidenciam desafios que precisam ser superados para consolidá-las em práticas de sala de aula [Costa-Junior and Anglada-Rivera 2024a].

Dentre eles, destacam-se a necessidade de definir com maior clareza o conceito e as habilidades [Abdul Hamed et al. 2025]; estabelecer instrumentos mais objetivos e precisos para mensurar essas habilidades [Zhang et al. 2024, Jiménez et al. 2024, Ocampo et al. 2024, Corrales-Álvarez et al. 2024, Abdul Hamed et al. 2025]; ampliar a disponibilidade de materiais didáticos sobre PC para o contexto educacional brasileiro

[Fantinati and Rosa 2021, Cruz et al. 2021, Cruz et al. 2023, Guarda and Pinto 2023, Carneiro and Silva 2025, Izidio et al. 2025, Coelho et al. 2025]; e investir em práticas formativas relacionadas ao PC, tanto para professores já graduados [Medeiros et al. 2021, Cruz et al. 2021, Guarda and Pinto 2023, Cruz et al. 2023, Carneiro and Silva 2025, Izidio et al. 2025, Coelho et al. 2025] quanto para acadêmicos de licenciatura [Costa-Junior and Anglada-Rivera 2022ab].

Sobre este último aspecto, estudos sugerem que a maioria das pesquisas envolvendo o PC na aprendizagem de acadêmicos de licenciatura tem sido realizada prioritariamente nos cursos de Matemática, Pedagogia e Computação, sem que tenham sido identificadas evidências com alunos da Licenciatura em Física, por exemplo [Costa-Junior and Anglada-Rivera 2022ab]. Pesquisas indicam, ainda, que o PC não tem despertado maior interesse entre professores e pesquisadores da área de Educação em Física [Correa 2022] e que a maioria dos cursos de Licenciatura em Física não apresenta ações sistemáticas de fomento a essas habilidades [Costa-Junior and Anglada-Rivera 2025].

Além disso, estudos apontam que os atuais licenciandos em Física demonstram compreensão insuficiente dos conceitos fundamentais do PC, o que revela lacunas formativas e reforça a necessidade de reestruturação curricular [Costa-Junior et al. 2025a]. No cenário nacional e internacional, revisões sistemáticas indicam que a integração do PC na formação inicial de professores de Ciências ainda é incipiente [Sabo et al. 2022, Yun and Crippen 2025], com poucos estudos empíricos e amplo espaço para novas investigações, inclusive na Licenciatura em Física [Costa-Junior and Anglada-Rivera 2022ab, 2025]. Assim, a articulação entre PC e ensino de Física permanece uma temática recente, pouco explorada e em consolidação [Araújo and Andrade 2025]. A literatura recente, inclusive, aponta ainda para a escassez de materiais didáticos voltados à formação docente em PC [Medeiros et al. 2021, Guarda and Pinto 2023].

Diante disso, este artigo relata os resultados de uma experiência de aplicação e avaliação de uma proposta de atividade envolvendo as habilidades do PC, artefatos da Computação Física (CF) e conceitos relacionados ao Consumo de Energia Elétrica (CEE) no processo de ensino e aprendizagem de acadêmicos de Licenciatura em Física. Para apresentar os resultados, o artigo está organizado da seguinte forma: a revisão da literatura é discutida na Seção 2; o contexto de aplicação e a proposta de atividade são detalhados na Seção 3; o processo de avaliação é descrito na Seção 4; e, por fim, as considerações finais são apresentadas na Seção 5.

2. Revisão da Literatura

Nesta seção, é apresentada uma revisão da literatura sobre os principais temas abordados neste artigo: Pensamento Computacional e Computação Física.

2.1. Sobre o Pensamento Computacional

Wing (2017) afirma que o PC corresponde “aos processos de pensamento necessários para formular um problema e expressar sua(s) solução(ões) de forma que um computador – humano ou máquina – possa executá-las efetivamente” [Wing 2017]. Atualmente, o PC também é descrito como uma “forma de raciocínio que permite que as pessoas abordem um problema com alguns dados com o objetivo de que um computador o resolva” [Palop et al. 2025]. Em contraponto, parte da literatura o caracteriza a partir de quatro elementos estruturantes: abstração, decomposição, reconhecimento de padrões e algoritmos [BBC 2015, Liukas 2015, Code.Org 2016, Rosa et al. 2025].

Do ponto de vista da BNCC [Brasil 2018], da BNCC Computação [Brasil 2022a, Brasil 2022b] e da PNED [Brasil 2023], o PC “envolveria 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]. Diante disso, essa definição sugere que estudantes da EB – e, conseqüentemente, seus professores – devem ser estimulados a desenvolver habilidades que ultrapassam a compreensão superficial de conceitos básicos da Computação [Costa-Junior and Anglada-Rivera 2024a]. Estudos também apontam que a maior parte dessas habilidades é sugerida para ser desenvolvida por meio de artefatos computacionais digitais, isto é, abordagens plugadas [Costa-Junior et al. 2025b].

A literatura especializada mostra que o PC vem sendo explorado por múltiplas abordagens, evidenciando sua natureza ampla e adaptável. Pesquisas apontam que seu desenvolvimento pode ocorrer por meio de práticas plugadas e desplugadas [Silva et al. 2021, Matsubara et al. 2023, Alves and Bona 2023, Cenci and Kist 2024]. Entretanto, há evidências de que estratégias baseadas em recursos plugados – como programação, robótica e Computação Física (CP) – tendem a gerar desempenho superior em tarefas relacionadas ao PC quando comparadas a metodologias desplugadas [Barros et al. 2021, Santella et al. 2022, Polat and Yilmaz 2022, de Fraga Dorneles et al. 2023, FİŞ ERÜMİT 2024, Lin et al. 2024]. Diante desse cenário e para fins das discussões deste artigo, adota-se como definição operacional que: “PC é a capacidade de formular e resolver problemas por meio da utilização da Computação Física” [Costa-Junior and Anglada-Rivera 2024c, Costa-Junior and Anglada-Rivera 2026].

2.2. Sobre a Computação Física

Na obra “*Physical Computing: Sensing and Controlling the Physical World with Computers*”, O’Sullivan e Igoe (2004) definem a CF como um processo que estabelece uma interação contínua entre o ambiente virtual do computador e o mundo físico, mediada pelo uso de sensores e atuadores [O’Sullivan and Igoe 2004, Zanetti et al. 2023, Costa-Junior and Anglada-Rivera 2024c]. O’Sullivan e Igoe (2004) ressaltam que tais sistemas envolvem transdutores de entrada e saída, unidades de processamento, sinais analógicos e/ou digitais, programação e elementos relacionados à transdução e à comunicação paralela ou serial [Przybylla and Romeike 2017, Culkin and Hagan 2019, Guedes et al. 2025, Costa-Junior and Anglada-Rivera 2026].

No contexto educacional, pesquisas indicam que a CF eleva a motivação, fortalece a autoeficácia e amplia a contextualização das atividades, além de favorecer a resolução de problemas, a depuração de código e a experimentação com *hardware*, aspectos diretamente ligados a habilidades centrais do PC [Maximova 2024]. A *Foundation Pi* (2021) acrescenta que essas experiências estimulam a elaboração de algoritmos capazes de interagir com o ambiente físico. De forma convergente, Hodges et al. (2020) apontam que a CF potencializa a construção de conceitos abstratos, a solução de desafios práticos, a criatividade e a inovação, além de promover competências sociais como colaboração e trabalho em equipe.

Alguns estudos apontam a tangibilidade como elemento central da CF, pois a manipulação de artefatos concretos enriquece a aprendizagem ao favorecer o engajamento sensorial e a assimilação de conceitos computacionais [Panaggio et al. 2019, Santos et al. 2019]. Nessa perspectiva, a CF configura-se como uma alternativa plugada promissora para apoiar o desenvolvimento de habilidades relacionadas ao PC [Min and Kim 2020, Juškevičienė et al. 2021]. Entre suas propriedades, destacam-se o estímulo à interatividade e a facilitação da compreensão de diferentes aspectos envolvidos na programação [Zanetti et al. 2023]. Assim, no contexto deste artigo, adota-se a seguinte definição operacional: “Computação Física é um ambiente de aprendi-

zagem 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 Proposta de Atividade

Nesta seção, são apresentadas as principais características da proposta de atividade, que integra habilidades do PC, conforme a BNCC Computação, elementos da CF e conceitos relacionados ao CEE.

3.1. Contexto de Elaboração e Aplicação

A proposta de atividade apresentada neste artigo foi concebida no âmbito do Produto Educacional (PE) desenvolvido durante a pesquisa de doutorado de um discente do Programa de Pós-Graduação em Ensino Tecnológico (PPGET/IFAM), sob orientação de um professor doutor em Física. Sua elaboração contou, ainda, com a colaboração inicial de um acadêmico do curso de Licenciatura em Computação (EST/UEA). A Figura 1 apresenta uma síntese das etapas, do conteúdo programático e do contexto no qual a atividade está inserida no PE e, conseqüentemente, do momento de sua utilização no processo de ensino e aprendizagem dos acadêmicos de Licenciatura em Física.

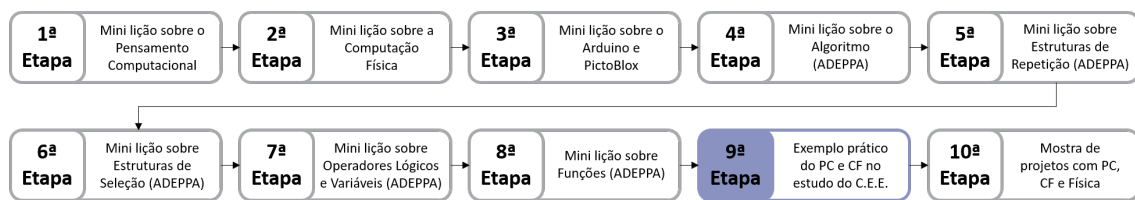


Figura 1. Visão geral das etapas e do conteúdo programático do PE.

3.2. Objetivo da Atividade

De maneira geral, a atividade tem como objetivo “*Elaborar um sistema de Computação Física com Arduino e PictoBlox para calcular o Consumo de Energia Elétrica (CEE) de um equipamento por meio do sensor de corrente ACS712*”. Como saída de dados, o algoritmo do sistema de CF exibe o valor da potência (W), da corrente (A), o tempo de execução (s), os valores em R\$ do kWh (por minuto e segundo); e o total (R\$) a pagar.

A Figura 2a apresenta uma visão do sistema de CF da proposta de atividade, conforme sugere as orientações de O’Sullivan and Igoe (2004) e a Figura 2b apresenta a interface de saída de dados. Um documento contendo todos os requisitos de *hardware* e *software*, uma imagem da prototipagem do circuito elétrico, a lista de recursos, tecnologias de suporte e do algoritmo pode ser encontrado no arquivo deste link: <https://tinyurl.com/muxpt8c4>.

Sobre o público-alvo, a atividade foi planejada para estudantes do Ensino Médio, considerando faixa etária, maturidade e riscos associados ao artefato de CF, uma vez que envolve a mensuração do consumo de energia de equipamentos elétricos – procedimento que pode oferecer risco de choque elétrico em caso de manuseio inadequado. Além disso, a proposta pode ser adaptada para estudantes do 8º ano do Ensino Fundamental, contribuindo para o desenvolvimento da habilidade EF08CI04 da BNCC [Brasil 2018], que prevê o cálculo do consumo de energia elétrica de diferentes equipamentos. Contudo, neste artigo ela foi utilizada e avaliada, em um primeiro momento, por acadêmicos do curso de Licenciatura em Física. Do ponto de vista da área de Ciências da Natureza, essa escolha

se justifica pelo fato de esses sujeitos serem os mais adequados para analisar as potencialidades, os objetivos e as principais características da proposta. Uma descrição detalhada dos participantes envolvidos nesse processo encontra-se na Seção 4.1.

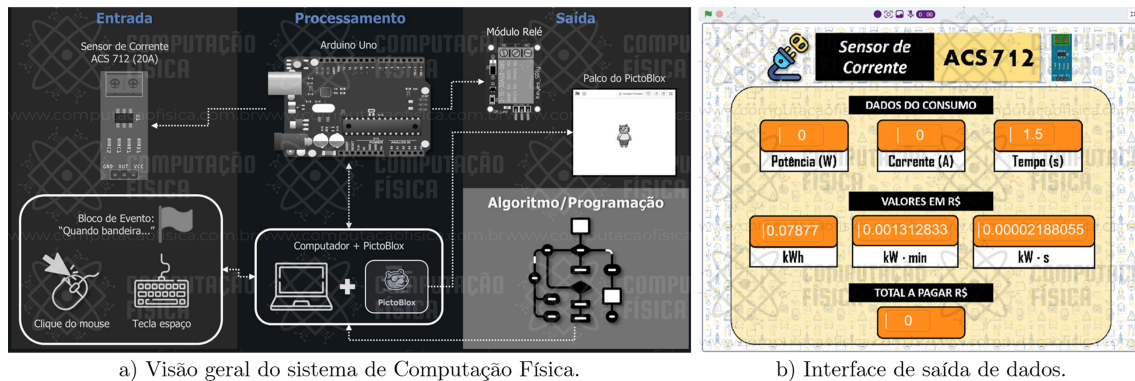


Figura 2. Visão geral e interface de saída de dados do sistema de CF.

3.3. Sobre a Escolha da Abordagem, Tecnologias e Conceitos

No que se refere à abordagem plugada da atividade, sua concepção foi fortemente influenciada pelos resultados apresentados em Costa-Junior et al. [2025b], os quais indicam que a maioria das habilidades do PC previstas na BNCC Computação – tanto para o Ensino Fundamental quanto para o Ensino Médio – devem ser estimuladas prioritariamente por meio de práticas que envolvam tecnologias computacionais digitais.

Em relação à escolha do Arduino, estudos indicam que a plataforma apresenta vantagens por ser baseada em *software* de código aberto, ter facilidade de uso, baixo custo e contar com ampla comunidade ativa e colaborativa [Ismailov et al. 2022, Prabowo and Irwanto 2023, Redhwi and Fallatah 2024]. Quanto ao ambiente de programação visual PictoBlox (Versão 8.0), sua adoção se justifica pela simplicidade de uso, versatilidade em projetos de interação com o Arduino e similaridades com o Scratch 3.0 [Costa-Junior and Anglada-Rivera 2023]. Além disso, não foram encontradas evidências de sua aplicação em atividades de ensino e aprendizagem voltadas especificamente à mensuração do CEE com sensores de corrente, o que reforça o caráter inovador da proposta. A lista completa dos blocos do PictoBlox utilizados no algoritmo pode ser acessada no arquivo disponível neste link: <https://tinyurl.com/muxpt8c4>.

Por fim, o CEE foi escolhido por se tratar de um tema atual, socialmente relevante e didaticamente necessário no ensino de Física [Vörös 2020, Benassi et al. 2021, Malavoloneque and Costa 2022]. A seleção desse conteúdo também se justifica pela escassez de evidências que estabeleçam relações entre o CEE e as habilidades do PC em atividades de ensino e aprendizagem [Costa-Junior and Anglada-Rivera 2024b].

3.4. Requisitos de Hardware

De maneira geral, o sistema de CF da atividade é composto por: 1 Arduino Uno, 9 *jumper*s, 1 *proto*board (400 pontos), 1 módulo relé de 1 canal (10A) e 1 sensor de corrente ACS712 (20A). Além disso, o circuito elétrico utiliza um plug de tomada macho e fêmea e 1 metro de cabo paralelo. Uma visão ampliada desses requisitos pode ser observada no arquivo deste link: <https://tinyurl.com/muxpt8c4>.

3.5. Requisitos de Software

No processo de concepção e execução do algoritmo, são mobilizados diversos conceitos fundamentais, como: leitura de valores analógicos (por exemplo, obter o valor do pino A0); uso de estruturas de repetição (com tempo determinado e indeterminado); estrutura de seleção simples; operadores lógicos e matemáticos; atuação sobre dispositivos externos por meio de módulo relé; manipulação de variáveis (criação, leitura e atualização); e exibição de informações no palco, incluindo valores numéricos armazenados em variáveis. Uma descrição ampliada dos conceitos abordados pode ser consultada em: <https://tinyurl.com/muxpt8c4>.

Em síntese, o algoritmo tem como objetivo calcular o consumo de energia elétrica de um equipamento em tempo real, utilizando o sensor de corrente ACS712 (20A) conectado a uma placa Arduino. Para isso, o programa realiza a leitura contínua de 100 amostras do pino analógico A0, correspondentes à variação do sinal elétrico captado pelo sensor. Cada valor lido é ajustado em relação ao ponto de referência (*offset* de 512) e utilizado para estimar o valor eficaz (RMS) da corrente elétrica. Em seguida, esses dados são convertidos em tensão (V) com base na constante de sensibilidade do sensor (0,100 V/A [Allegro 2024]) e na relação volts por unidade ($\approx 0,00488$ V).

A partir dessas informações básicas, o algoritmo calcula a corrente elétrica (A) e, multiplicando-a pela tensão de alimentação (127 V), obtém a potência instantânea consumida (W). Essa potência é então convertida para quilowatts (kW) e, considerando o tempo total de execução do algoritmo e o valor da tarifa de energia elétrica, estima-se o custo acumulado do consumo (R\$) durante o período monitorado. As principais variáveis de saída incluem a corrente (A), a potência (W), o tempo de execução (s) e o valor estimado a pagar (R\$). A imagem completa do algoritmo pode ser acessada neste link: <https://tinyurl.com/muxpt8c4>. Um vídeo de demonstração do funcionamento está disponível em: <https://youtu.be/crZLSoQdaM>.

3.6. Habilidades do PC da BNCC Computação

De maneira geral, a proposta de atividade pode ser utilizada para fomentar as Competências 4 e 6 do Ensino Fundamental e as Competências 4 e 5 do Ensino Médio da BNCC Computação [Brasil 2022a]. No que se refere às habilidades primárias, ou seja, aquelas mais evidentes no desenvolvimento da atividade, destacam-se: EF06CO02 (6° Ano) – “Elaborar algoritmos que envolvam instruções sequenciais, de repetição e de seleção usando uma linguagem de programação”; e EM13CO16 (Ensino Médio) – “Desenvolver projetos com robótica, utilizando artefatos físicos ou simuladores” [Brasil 2022a].

Destacam-se ainda as habilidades secundárias, isto é, aquelas que podem estar envolvidas em menor grau de evidência durante a prática de construção do artefato de Computação Física: 6° Ano – EF06CO03, EF06CO04, EF06CO05; 7° Ano – EF07CO03, EF07CO05; 8° Ano – EF08CO04; 9° Ano – EF09CO02; Ensino Médio – EM13CO02.

3.7. Habilidades de Ciências da Natureza - BNCC

Em relação a área de Ciências da Natureza da BNCC, a atividade pode auxiliar no desenvolvimento da habilidade EF08CI04 — “Calcular o consumo de eletrodomésticos a partir dos dados de potência (descritos no próprio equipamento) e tempo médio de uso para avaliar o impacto de cada equipamento no consumo doméstico mensal”, listada no 8° ano – Ciências – Matéria e Energia (unidade temática) – Cálculo de consumo de energia elétrica (objeto de conhecimento) [Brasil 2018].

Além disso, considerando o público-alvo prioritário da proposta de atividade, ela também pode ser utilizada para estimular a competência específica 1 da área de Ciências

da Natureza do Ensino Médio, especialmente no contexto do desenvolvimento da habilidade EM13CNT106 — “Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica [...]” [Brasil 2018].

4. O Processo de Avaliação

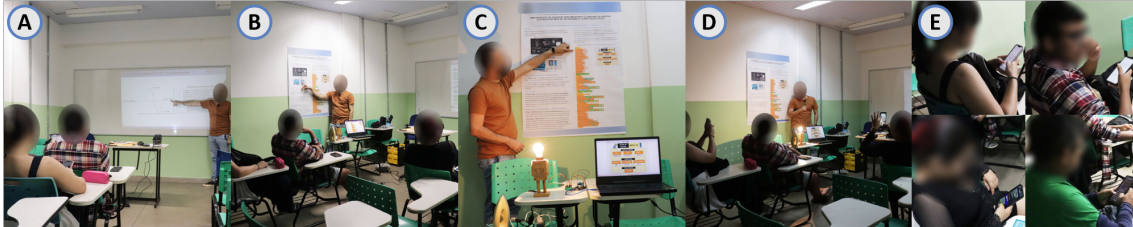


Figura 3. Fotos da apresentação, execução e avaliação da proposta de atividade.

4.1. Contexto de Avaliação

Neste artigo, são apresentados os dados referentes ao processo de avaliação da proposta de atividade, realizado por sete acadêmicos (três mulheres e quatro homens) do curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal do Amazonas (IFAM/CMC), com idade média de 25,5 anos (mínima 21 e máxima 42).

A avaliação integrou as atividades da disciplina “Atividades Computacionais Aplicadas ao Ensino de Física”, ofertada no 8º período (C.H. 60h). Apenas cinco participantes estavam regularmente matriculados na disciplina durante o período de sua oferta, enquanto os outros dois cursavam a disciplina em períodos diferentes do previsto na matriz curricular. Essa disciplina foi escolhida por apresentar diversos pontos de convergência com o PE do doutorado, especialmente no que diz respeito às habilidades do PC e CF.

A apresentação da atividade foi mediada pela utilização de um banner (modelo de exemplo), um slide e o protótipo físico funcional do sistema de CF. Ela foi realizada em quatro etapas: (1) introdução às características e ao princípio de funcionamento do sensor ACS712 (20A) (Figura 3a); (2) descrição e ilustração da prototipação dos componentes que integram o sistema de CF (Figura 3b); (3) explicação do algoritmo desenvolvido para o sistema de CF (Figura 3c); e (4) demonstração prática do funcionamento do sistema, com testes realizados utilizando uma lâmpada incandescente (100W) (Figura 3d) e um ferro de passar roupas (1000W).

Além disso, destaca-se que a proposta de atividade – juntamente com o banner – foi apresentada aos estudantes como um modelo orientador, uma vez que cada acadêmico deveria planejar e desenvolver sua própria proposta, utilizando habilidades do PC e um artefato de CF para auxiliar na aprendizagem de um conceito de Física escolhido individualmente. As propostas elaboradas foram socializadas na 10ª etapa da intervenção pedagógica (Figura 1).

Após as apresentações, reservou-se um período para perguntas e esclarecimentos sobre o planejamento, concepção, testes e funcionamento do sistema de CF. Por fim, os estudantes foram convidados a responder ao questionário de avaliação da atividade sobre o consumo de energia elétrica (Figura 3e).

4.2. Instrumento de Avaliação

Para o processo de avaliação, foi elaborado um questionário semiestruturado composto por 12 perguntas – 10 de múltipla escolha (P1 a P10) e duas discursivas (P11 e P12).

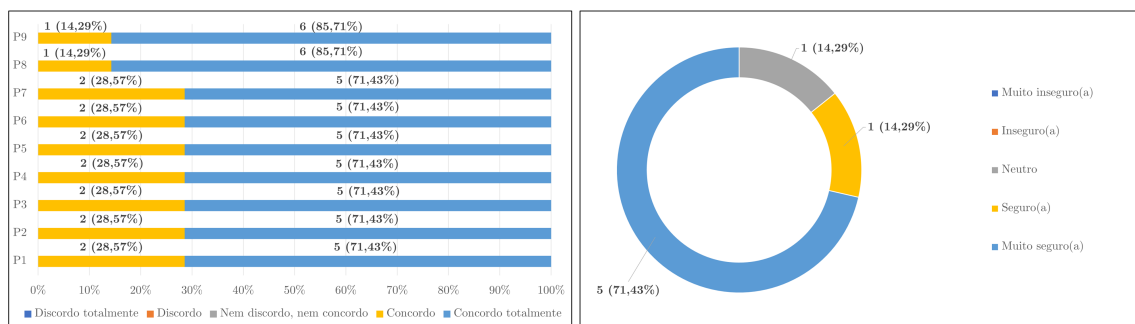
As questões de múltipla escolha foram organizadas em uma escala Likert de 5 pontos (1 – discordo totalmente; 5 – concordo totalmente). O conjunto de perguntas pode ser acessado neste link: <https://tinyurl.com/muxpt8c4>.

De maneira geral, o questionário teve como objetivo coletar dados sobre a percepção dos acadêmicos de Licenciatura em Física quanto a: (1) o objetivo da proposta de atividade; (2) sua relação com as habilidades sobre consumo de energia elétrica (Ciências da Natureza) e com as habilidades previstas na BNCC Computação; (3) as principais características do sistema de Computação Física; (4) o nível de segurança dos acadêmicos para replicar a atividade; e (5) as dificuldades percebidas para sua replicação, além de sugestões de ajustes e/ou melhorias.

4.3. 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.

4.4. Os Resultados



a) Gráfico com os dados das perguntas P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8 e P9.

b) Gráfico com os dados da pergunta 10 do questionário de avaliação.

Figura 4. Gráficos com os dados das respostas dos avaliadores.

Inicialmente, os acadêmicos foram questionados se o projeto, tal como apresentado, se constituía como uma ferramenta eficaz para auxiliar os alunos a calcularem o consumo de eletrodomésticos a partir de dados de potência e tempo, alinhando-se à habilidade EF08CI04 da BNCC (P1). Desse total, 71,43% concordaram totalmente e 28,57% concordaram (Figura 4a). Nesse contexto, eles também foram indagados se a atividade apresentava potencial para ser utilizada no desenvolvimento da habilidade EM13CNT106 da BNCC (P2). Novamente, 71,43% concordaram totalmente e 28,57% concordaram (Figura 4a).

Na pergunta 3 (P3), os acadêmicos deveriam indicar se a estrutura do projeto – desde a lógica do algoritmo no PictoBlox até sua interação com o *hardware* – evidenciava claramente a aplicação e o potencial de desenvolvimento de habilidades do PC. Do total, 71,43% concordaram totalmente e 28,57% concordaram (Figura 4a). Ainda sobre este aspecto, a pergunta 4 (P4) buscou identificar se o projeto poderia auxiliar no desenvolvimento de habilidades do PC, como criação e execução de algoritmos, uso de estruturas de repetição, seleção e manipulação de variáveis. Os resultados foram idênticos: 71,43% concordaram totalmente e 28,57% concordaram (Figura 4a).

Eles também foram questionados se o projeto se constituiria como um exemplo claro e prático de um sistema de CF, integrando de forma coesa as etapas de entrada de dados (sensor ACS712), processamento (Arduino e algoritmo) e saída de dados (palco do PictoBlox, módulo relé) (P5). Novamente, 71,43% concordaram totalmente e 28,57% concordaram (Figura 4a). Nesse mesmo sentido, eles também foram perguntados se o projeto apresentava de forma clara um exemplo de como a CF poderia ser utilizada no contexto educacional para a medição e visualização de dados e fenômenos físicos (P6), 71,43% dos avaliadores concordaram totalmente e 28,57% concordaram (Figura 4a).

Na pergunta 7 (P7), investigou-se se o nível de complexidade do projeto e a forma como os conceitos foram abordados eram adequados para aplicação ou replicação em turmas de Física do Ensino Médio. Do total, 71,43% concordaram totalmente e 28,57% concordaram (Figura 4a). Em relação à adequação do projeto ao nível de conhecimento e maturidade dos alunos do Ensino Médio (P8), 85,71% concordaram totalmente e 14,29% concordaram. No mesmo sentido, foram questionados se a linguagem, a abordagem e os recursos utilizados no projeto poderiam favorecer a aprendizagem ativa dos conceitos envolvidos (P9). Os resultados se repetiram: 85,71% concordaram totalmente e 14,29% concordaram (Figura 4a).

Na última pergunta de múltipla escolha (P10), os acadêmicos foram solicitados a indicar, em uma escala de 1 a 5 – onde 1 representava “muito inseguro(a)” e 5 “muito seguro(a)” – o nível de segurança conceitual e prática para replicar e/ou reproduzir a proposta de atividade. Entre eles, 71,43% atribuíram o nível máximo (5), 14,29% atribuíram o nível 4 (“concordo”) e 14,29% registraram resposta neutra (Figura 4b).

Tabela 1. Respostas dos acadêmicos para as perguntas discursivas 11 e 12.

Acadêmico	Resposta	Resposta	
Pergunta 11	A	Ter os materiais para reproduzir a atividade em sala de aula com os alunos.	Pergunta 12
	B	Depois de eu aprender a montar o circuito e o algoritmo, nenhuma kkkk	
	C	Na parte de programar.	
	D	Pelo menos, em questão financeira, mas nada que não possa ser resolvido.	
	E	Tempo.	
	F	Tempo de hora/aula e disponibilidade dos materiais/tecnologias na escola.	
	G	Considerando a complexidade e o tamanho do algoritmo, acredito que o tempo necessário para ensinar todos os conceitos para recriar os algoritmos com os alunos.	
		Uma vídeoaula explicando a construção da atividade passo a passo.	
		Achei muito interessante, nunca tinha visto algo assim e o projeto está abrindo minha mente a respeito de novos métodos para ensinar Física em sala de aula 😊	
		Tudo certo.	
		Eu amei! É uma das áreas que mais adquiri afinidade durante o curso, já fiz projetos semelhantes e adorei a interface mostrada pelo prof (por mais que ele tenha dito que acha feio, haha).	
		Poderia colocar um sensor de tensão para regular a tensão de saída e calcular a tensão de acordo com ela e não com a tensão fixa de 127V.	
		Um tutorial passo a passo, explicando cada um dos blocos do algoritmo.	
		Ajustar o algoritmo para uma versão do sensor de corrente não invasivo.	

Na perspectiva de obter um panorama mais descritivo, os acadêmicos foram questionados, considerando o que observaram na proposta de atividade e o que sabiam, naquele momento, sobre os conceitos e as tecnologias utilizados, acerca de quais desafios e/ou limitações acreditavam que poderiam encontrar futuramente para replicar essa atividade em suas práticas docentes (P11).

No caso dessa pergunta, o fator tempo para replicar a proposta de atividade foi apontado como uma das principais dificuldades (acadêmicos E, F, G) (Tabela 1). Em seguida, também se destacaram questões relacionadas à disponibilidade de recursos e/ou materiais necessários para a reprodução da atividade (acadêmicos A, D e F). Apenas dois acadêmicos (B e C) relataram possíveis dificuldades associadas à programação, e um deles (B) indicou que seria necessário adquirir mais experiência para “montar o circuito e o algoritmo” (Tabela 1).

Por fim, na última pergunta (P12), os acadêmicos foram convidados a indicar, com base no que observaram durante a apresentação e a execução do projeto, elogios, sugestões de ajustes, correções e/ou melhorias (Tabela 1). As respostas revelaram uma variedade de contribuições, tais como:

- **Sugestões:** produção de uma videoaula sobre a atividade (A); adição de um sensor de tensão (E); elaboração de um tutorial explicando o algoritmo passo a passo (F); criação de uma versão do algoritmo para uso com sensor de corrente não invasivo (G).
- **Elogios:** um avaliador destacou que “*achou interessante – novas formas de ensinar Física*” (B); outro afirmou que “*tudo certo*” (C); e um terceiro declarou que “*amou a ideia e gostou da interface*” (D).

5. Considerações Finais

Ainda que os dados coletados estejam limitados a uma pequena amostra de acadêmicos (sete), sem experiência profissional de atuação em sala de aula – com exceção das práticas do estágio supervisionado –, é possível identificar evidências que sinalizam a viabilidade prática de utilização da proposta de atividade como recurso de apoio à aprendizagem de conceitos relacionados ao consumo de energia elétrica. Embora a atividade tenha sido apenas executada pelos avaliadores – e não aplicada diretamente a estudantes da Educação Básica (EB) –, os dados coletados junto a futuros professores de Física contribuem para compreender as potencialidades da proposta, identificar possíveis inconsistências e orientar os ajustes necessários antes de sua replicação em turmas da EB.

No que diz respeito à aprendizagem dos acadêmicos de Licenciatura em Física, a experiência apresentou, de maneira concreta, um exemplo prático de como as habilidades do PC, conforme orienta a BNCC Computação, podem ser estimuladas por meio de artefatos da CF para auxiliar o processo de ensino e aprendizagem de conceitos e habilidades da Física. Nesse sentido, considera-se importante que, além de desenvolver as habilidades do PC, esses futuros professores também possam compreender como tais habilidades se relacionam e se aplicam àquelas vinculadas à área de conhecimento de seu curso.

Além da proposta de atividade, considera-se que a experiência relatada neste artigo possa servir como inspiração e ponto de partida para outras experiências em cursos de Licenciatura em Física ou em demais áreas do conhecimento – bem como em contextos de formação continuada. A literatura especializada reitera que esse tipo de iniciativa se apresenta como uma demanda atual e necessária para a consolidação da BNCC Computação no Brasil.

Quanto aos recursos tecnológicos utilizados, reconhece-se que isso pode representar uma das maiores limitações para a reprodução da experiência e da atividade, especialmente se considerarmos que grande parte dos cursos de Licenciatura em Física (e além) pode não dispor de infraestrutura mínima, como laboratórios de informática e equipamentos fundamentais para práticas com a CF. Esse cenário pode ser ainda mais desafiador se considerarmos o contexto das escolas públicas da Educação Básica no Brasil [Costa-Junior et al. 2025b]. Por outro lado, a experiência e a atividade podem servir como um exemplo concreto e viável para as instituições que já dispõem desses equipamentos.

Como trabalhos futuros, pretende-se: (i) analisar os dados da aprendizagem sobre as dimensões conceituais e práticas do PC dos acadêmicos; (ii) realizar ajustes na proposta de atividade; (iii) realizar a avaliação da atividade com acadêmicos de Licenciatura em Computação; (iv) conduzir uma avaliação com professores de Física da Educação Básica; e (v) replicá-la com estudantes do Ensino Médio. Por fim, pretende-se apresentar, em trabalho futuro, os resultados dos testes de validação relativos à eficiência e à precisão dos dados coletados e processados pelo algoritmo do sistema de CF.

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

- Abdul Hamed, A. S., 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/rnv3spzr>. Acesso em: 15 de jan. 2026.
- Allegro, M. (2024). DataSheet – Sensor de Corrente ACS 712. Disponível em: <https://tinyurl.com/mupj6k6v>. Acesso em: 05 de fev. 2026.
- Alves, L. P. and Bona, A. S. d. (2023). Ensino de algoritmos através de atividade híbrida, plugada e desplugada. In *Workshop em Estratégias Transformadoras e Inovação na Educação (WETIE)*, pages 32–41. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/3j7yebxy>. Acesso em: 13 de jan. 2026.
- Araújo, L. F. L. and Andrade, S. d. (2025). Perspectivas sobre a integração do pensamento computacional ao ensino de física. *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista-ENCITEC*, 15(3):7–24. Disponível em: <https://tinyurl.com/4jnwds6c>. Acesso em: 17 de jan. 2026.
- Barros, T. T. T., Reategui, E. B., and Teixeira, A. C. (2021). Avaliando uma formação em pensamento computacional com atividades plugadas criadas no scratch. *Revista Tecnologias Educacionais em Rede (ReTER)*, pages e2–01. Disponível em: <https://tinyurl.com/2c5p6anm>. Acesso em: 13 de jan. 2026.
- BBC, L. (2015). Introduction to Computational Thinking. Disponível em: <https://bit.ly/42IqCJr>. Acesso em: 08 de jan. 2026.
- Benassi, C. B. P., Bório, A. B., and Strieder, D. M. (2021). Os jogos no ensino da física: uma proposta sobre o consumo de energia elétrica. *Revista de Enseñanza de la Física*, 33(2):437–444. Disponível em: <https://tinyurl.com/mr3rvevu>. Acesso em: 05 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.
- Brasil (2018). Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Ministério da Educação. Disponível em: <https://tinyurl.com/ytakapk9>. Acesso em: 05 de fev. 2026.
- Brasil (2022a). Normas sobre Computação na Educação Básica – BNCC Computação. Disponível pages=172–179,1 em: <https://tinyurl.com/4wsjfuc4>. Acesso em: 08 de jan. 2026.
- Brasil (2022b). PARECER CNE/CEB Nº: 2/2022. Disponível em: <https://tinyurl.com/yjbnkztv5>. 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.
- Carneiro, A. d. F. F. and Silva, C. C. d. (2025). Pensamento computacional na educação infantil: análise do conhecimento docente e desafios enfrentados. *Caderno Pedagógico*,

- 22(4):e14100–e14100. Disponível em: <https://tinyurl.com/t4sjja5z>. Acesso em: 15 de jan. 2026.
- Cenci, D. and Kist, M. (2024). Educação financeira e a presença dos pilares do pensamento computacional em atividades plugadas: uma revisão sistemática de literatura. *Revista Sergipana de Matemática e Educação Matemática*, 9(1):68–88. Disponível em: <https://tinyurl.com/mvp8vra4>. Acesso em: 12 de jan. 2026.
- Code.Org (2016). Computational Thinking. Disponível em: <https://bit.ly/3J00QJo>. Acesso em: 08 de jan. 2026.
- Coelho, D. A., dos Santos, I. S. R., Oliveira, K. V., and Junior, C. R. B. (2025). Panorama das pesquisas sobre pensamento computacional e ensino de computação no ensino fundamental: Um mapeamento sistemático. *Anais do Computer on the Beach*, 16:294–301. Disponível em: <https://tinyurl.com/47rz5tta>. Acesso em: 15 de jan. 2026.
- Corrales-Álvarez, M., Ocampo, L. M., and Cardona Torres, S. A. (2024). Instruments for evaluating computational thinking: A systematic review. *TecnoLógicas*, 27(59). Disponível em: <https://tinyurl.com/zj9f5z6a>. Acesso em: 15 de jan. 2026.
- Correa, T. S. (2022). *Modelando o Ensino de Balística por Meio do Pensamento Computacional*. 2022. 122 f. PhD thesis, Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação Polo 04: IFAM/UFAM. Disponível em: <https://tinyurl.com/7bm8kh9v>. Acesso em: 17 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). *Pensamento Computacional: Uma revisão sistemática da literatura sobre a formação inicial de professores.*, volume 2. e-Publicar, Rio de Janeiro, In: Cristiana Barcelos da Silva, Glaucio Martins da Silva Bandeira, Patrícia Gonçalves de Freitas (Org.). Diálogos em educação: olhares multidisciplinares sobre a aprendizagem. edition. Disponível em: <https://tinyurl.com/yyxxp8hd>. Acesso em: 15 de jan. 2026.
- Costa-Junior, A. d. O. and Anglada-Rivera, J. (2023). Computação Física: Uma proposta de livro para a formação de professores utilizando arduino e pictoblox. In *Anais do XXIX Workshop de Informática na Escola*, pages 877–888. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/trhwmz5f>. Acesso em: 05 de jan. 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., Anglada-Rivera, J., and Guedes, E. B. (2025a). Pensamento computacional e licenciatura em física: Um relato de experiência sobre a compreensão de acadêmicos. In *Workshop sobre Educação em Computação (WEI)*, pages 993–1007. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/yv4cbxpa>. Acesso em: 17 de jan. 2026.
- Costa-Junior, A. d. O., Flores, E. F., and Anglada-Rivera, J. (2025b). 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. J. K. d., 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://tinyurl.com/pp7yuyw7>. Acesso em: 15 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://tinyurl.com/4vv74m4f>. Acesso em: 15 de fev. 2026.
- Culkin, J. and Hagan, E. (2019). *Aprenda eletrônico com Arduino: Um guia ilustrado de eletrônico para iniciantes*. Novatec Editora.
- de Fraga Dorneles, A. C., Kologeski, A. L., and Bona, A. S. d. (2023). Comparando oficinas com atividades plugadas e desplugadas: Como despertar o interesse dos alunos em sala de aula? *Revista Fundação*, 1:38–49. Disponível em: <https://tinyurl.com/26688dkp>. Acesso em: 13 de jan. 2026.
- Fantinati, R. E. and Rosa, S. d. S. (2021). Pensamento computacional: Habilidades, estratégias e desafios na educação básica. *Informática na educação: teoria & prática*, 24(1 Jan/Abr). Disponível em: <https://tinyurl.com/2457tny2>. Acesso em: 15 de jan. 2026.
- FİŞ ERÜMIT, S. (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). Disponível em: <https://tinyurl.com/ypte9tpr>. Acesso em: 13 de jan. 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 6° 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.
- Foundation, R. P. (2021). *The Big Book of Computing Pedagogy*. Raspberry Pi Foundation. Disponível em: <https://tinyurl.com/6pps72vf>. Acesso em: 13 de jan. 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 8° 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.
- Guarda, G. F. and Pinto, S. C. C. d. S. (2023). Materiais didáticos para formação de professores da educação básica em pensamento computacional. *Revista Observatório*, 9(1):a28pt–a28pt. Disponível em: <https://tinyurl.com/47f4rdas>. Acesso em: 13 de jan. 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 9° 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.
- Hodges, S., Sentance, S., Finney, J., and Ball, T. (2020). Physical computing: A key element of modern computer science education. *Computer*, 53(4):20–30. Disponível em: <https://tinyurl.com/2xz3t7hm>. Acesso em: 13 de jan. 2026.
- Ismailov, A. S., Jo‘Rayev, Z. B., et al. (2022). Study of arduino microcontroller board. *Science and Education*, 3(3). Disponível em: <https://tinyurl.com/3dwkkejc>. Acesso em: 05 de jan. 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://tinyurl.com/2s39mj5h>. Acesso em: 13 de jan. 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://tinyurl.com/2tyt4fku>. Acesso em: 13 de jan. 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://tinyurl.com/mr24tmd2>. Acesso em: 13 de jan. 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://tinyurl.com/289jwnxc>. Acesso em: 13 de jan. 2026.
- Liukas, L. (2015). *Hello Ruby: adventures in coding*, volume 1. Macmillan.
- Malavoloneque, G. and Costa, N. (2022). Physics education and sustainable development: A study of energy in a glocal perspective in an angolan initial teacher education school. In *Frontiers in Education*, volume 6, page 639388. Frontiers Media SA. Disponível em: <https://tinyurl.com/bdamdpxx>. Acesso em: 05 de fev. 2026.
- Matsubara, R., Cecconello, A. C., Costa, J. A., Bona, A. d., Lemos, J., and Kologeski, A. (2023). Uma oficina de dobradura de sacolas plásticas aliando o pensamento computacional com atividades desplugadas no ensino fundamental. In *Workshop de Informática na Escola (WIE)*, pages 192–201. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/54txwjsj>. Acesso em: 13 de jan. 2026.
- Maximova, A. (2024). Teaching programming through multi-context physical computing. In *Proceedings of the 2024 on Innovation and Technology in Computer Science Education V. 2*, pages 850–851. ITiCSE 2024. Disponível em: <https://tinyurl.com/59d4hxjb>. Acesso em: 13 de jan. 2026.
- Medeiros, S. R. d. S., Martins, C. A., and Medeiros, I. G. (2021). Materiais didáticos utilizados nas formações de professores em pensamento computacional. In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, pages 1096–1106. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/32ue4beh>. Acesso em: 13 de jan. 2026.
- Min, S. H. and Kim, M. K. (2020). Developing children’s computational thinking through physical computing lessons. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 13(2):183–198. Disponível em: <https://tinyurl.com/4p5nj795>. Acesso em: 13 de jan. 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://tinyurl.com/5fz7txhc>. Acesso em: 13 de jan. 2026.
- O’Sullivan, D. and Igoe, T. (2004). *Physical computing: sensing and controlling the physical world with computers*. Course Technology Press.
- Palop, B., Díaz, I., Rodríguez-Muniz, L. J., and Santaengracia, J. J. (2025). Redefining computational thinking: A holistic framework and its implications for k-12 education. *Education and Information Technologies*, pages 1–26. Disponível em: <https://tinyurl.com/3rtjzdut>. Acesso em: 13 de jan. 2026.
- Panaggio, B. Z., Carbajal, M. L., and Baranauskas, M. C. C. (2019). Programação tangível no mundo físico: Taprec+ spherio. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 27(3):32–51. Disponível em: <https://tinyurl.com/5h3jt77x>. Acesso em: 13 de jan. 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://tinyurl.com/49bsdr96>. Acesso em: 13 de jan. 2026.
- Prabowo, N. K. and Irwanto, I. (2023). The implementation of arduino microcontroller boards in science: A bibliometric analysis from 2008 to 2022. *arXiv preprint arXiv:2312.10840*. Disponível em: <https://tinyurl.com/yc8zf42n>. Acesso em: 05 de jan. 2026.

- Przybylla, M. and Romeike, R. (2017). The nature of physical computing in schools: Findings from three years of practical experience. In *Proceedings of the 17th Koli calling international conference on computing education research*, pages 98–107. Disponível em: <https://tinyurl.com/2p9623n3>. Acesso em: 13 de jan. 2026.
- Redhwi, I. and Fallatah, A. (2024). The versatile world of arduino boards: A comprehensive review. *Juniper Online Journal Material Science*, 9(1):1–2. Disponível em: <https://tinyurl.com/3vavmkc7>. Acesso em: 05 de jan. 2026.
- Rosa, E. A. et al. (2025). O desenvolvimento do pensamento computacional por meio da modelagem matemática. Master's thesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <https://tinyurl.com/us67t8zf>. Acesso em: 13 de jan. 2026.
- Sabo, H. C., Odden, T. O. B., and Gregers, T. F. (2022). Challenges of preparing secondary stem pre-service teachers in computational thinking. In *Proceedings of the physics education research conference*, pages 395–400. Disponível em: <https://www.per-central.org/items/detail.cfm?ID=16266>. Acesso em: 13 de jan. 2026.
- Santella, I., de Lima Terçariol, A. A., and Ikeshoji, E. A. B. (2022). Do pensamento computacional desplugado ao plugado no processo de aprendizagem da matemática. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa-RELATEC*, 21(1):75–95. Disponível em: <https://tinyurl.com/yeu69w75>. Acesso em: 13 de jan. 2026.
- Santos, C., Volz, R., and Silva, D. (2019). Explorando a tangibilidade como estímulo ao desenvolvimento do pensamento computacional. In *Anais do XXV Workshop de Informática na Escola*, pages 39–48, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/bddufead>. Acesso em: 13 de jan. 2026.
- Silva, I. S. F. d., de França, R. S., and Falcão, T. P. (2021). Um mapeamento de recursos para desenvolvimento do pensamento computacional. In *Congresso sobre Tecnologias na Educação (Ctrl+ e)*, pages 41–50. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/aytut2dc>. Acesso em: 13 de jan. 2026.
- Vörös, A. I. V. (2020). Panel debate on energy production in high school physics teaching. *Canadian Journal of Physics*, 98(6):579–587. Disponível em: <https://tinyurl.com/497sxed>. Acesso em: 05 de fev. 2026.
- Wing, J. (2017). Computational thinking's influence on research and education for all. *Italian Journal of Educational Technology*, 25(2):7–14. Disponível em: <https://tinyurl.com/ycfmwfy7>. Acesso em: 13 de jan. 2026.
- Yun, M. and Crippen, K. J. (2025). Computational thinking integration into pre-service science teacher education: A systematic review. *Journal of Science Teacher Education*, 36(2):225–254. Disponível em: <https://tinyurl.com/yr3fnfrz>. Acesso em: 13 de jan. 2026.
- Zanetti, H. A. P., Borges, M. A. F., and Ricarte, I. L. M. (2023). Comfapoo: Método de ensino de programação orientada à objetos baseado em aprendizagem significativa e computação física. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 31:01–30. Disponível em: <https://tinyurl.com/ycxa6xks>. Acesso em: 13 de jan. 2026.
- Zhang, X., Aivaloglou, F., and Specht, M. (2024). A systematic umbrella review on computational thinking assessment in higher education. *European journal of STEM education*, 9(1):2. Disponível em: <https://tinyurl.com/2pnm8rfw>. Acesso em: 13 de jan. 2026.