

Pensamento Computacional e Computação Física: Um Relato de Experiência sobre o Ensino de Operadores Lógicos na Licenciatura em Física

Almir de Oliveira Costa Junior^{1,2}, José Anglada Rivera¹, Julian Coelho Bentes²

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, jcb.lic19@uea.edu.br

Abstract. *Computational Thinking (CT) skills have been considered essential in the education of Basic Education (BE) students. For these skills to become consolidated in teaching and learning practices at this level of education, it is necessary to include them systematically in the process of initial and continuing teacher education, since these professionals are responsible for their operationalization. In this context, this article presents the results of an investigation into the perceptions of Physics Education undergraduates regarding the use of Physical Computing (PC) in the teaching and learning process of concepts related to the logical operators AND and OR, as suggested in the CT axis of BNCC Computing.*

Resumo. *As habilidades do Pensamento Computacional (PC) têm sido consideradas essenciais na formação dos estudantes da Educação Básica (EB). Para que elas se consolidem em práticas de ensino e aprendizagem nesse nível de ensino, torna-se necessário incluí-las de forma sistemática no processo de formação inicial e continuada de professores, uma vez que são esses profissionais os responsáveis por sua operacionalização. Nesse contexto, este artigo apresenta os resultados de uma investigação sobre a percepção dos acadêmicos do curso de Licenciatura em Física em relação ao uso da Computação Física (CF) no processo de ensino e aprendizagem de conceitos vinculados aos operadores lógicos E e OU, sugeridos no eixo PC da BNCC Computação.*

1. Introdução

Estudos sugerem que, na atualidade, o processo de ensino e aprendizagem de acadêmicos de licenciatura (e de professores já formados), no que diz respeito às habilidades do Pensamento Computacional (PC), representa um dos grandes desafios para a sua efetiva consolidação no contexto educacional brasileiro [Costa-Junior and Anglada-Rivera 2022a, Costa-Junior and Anglada-Rivera 2022b, Raabe and Cavalcante 2024, SBC 2025].

Essas habilidades passaram a ganhar amplo destaque no cenário educacional brasileiro a partir de sua inclusão na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) [Brasil 2018], bem como pelo protagonismo atribuído a elas na BNCC Computação [Brasil 2022a] e na Política Nacional de Educação Digital (PNED) [Brasil 2023], ao serem incorporadas

como um dos três eixos principais dessas normativas: (1) Pensamento Computacional, (2) Mundo Digital e (3) Cultura Digital.

Além da formação inicial e continuada de professores, estudos indicam que outros desafios precisam ser superados para que essas habilidades, de fato, se consolidem em práticas educacionais no Brasil. Entre eles, destacam-se: a necessidade de se alcançar um consenso unificado quanto à definição do conceito de PC e ao conjunto básico de habilidades que o compõem [Abdul Hamed et al. 2025]; o estabelecimento de instrumentos mais precisos e objetivos para a mensuração dessas habilidades [Zhang et al. 2024, Abdul Hamed et al. 2025]; e a ampliação da oferta de materiais didáticos sobre PC, situados no contexto da Educação Básica brasileira e alinhados à BNCC Computação [Cruz et al. 2023, Guarda and Pinto 2023, Carneiro and Silva 2025, Izidio et al. 2025, Coelho et al. 2025].

No que se refere a este último aspecto, além da perspectiva dos estudantes da Educação Básica (EB), é importante destacar que também se faz necessária a elaboração e disponibilização de materiais didáticos voltados ao contexto de ensino e aprendizagem de professores já graduados e daqueles que ainda se encontram em formação inicial. A literatura recente evidencia, inclusive, uma escassez significativa de materiais didáticos direcionados especificamente à formação docente em PC [Medeiros et al. 2021, Guarda and Pinto 2023].

Diante deste cenário, este artigo apresenta os resultados de uma investigação sobre a percepção dos acadêmicos de Licenciatura em Física em relação ao uso de artefatos da Computação Física (CF) no processo de ensino e aprendizagem de conceitos relacionados aos operadores lógicos E (*and*) e OU (*or*), conforme sugerido no eixo PC da BNCC Computação. O trabalho, estruturado como um relato de experiência a partir da análise de entrevistas estruturadas, busca contribuir para o debate acerca da formação inicial de professores. O artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta a revisão da literatura sobre os temas abordados; a Seção 3 descreve as propostas de atividades; a Seção 4 detalha o processo de avaliação das atividades realizado pelos acadêmicos de Licenciatura em Física; e, por fim, a Seção 5 apresenta as considerações finais e as sugestões para pesquisas futuras.

2. Revisão da Literatura

Nesta seção são apresentadas discussões acerca dos principais conceitos abordados neste artigo, a saber: Pensamento Computacional e Computação Física.

2.1. Sobre o Pensamento Computacional

Estudos sugerem que o número de pesquisas envolvendo as habilidades do Pensamento Computacional (PC) tem crescido a cada ano [Bersanette and de Francisco 2021, Carvalho and Braga 2022]. Os dados também revelam que a maioria dessas investigações tem sido desenvolvida com estudantes da EB [Souza et al. 2019, Falcão 2021, Fantinati and Rosa 2021], havendo ainda poucos estudos no contexto da aprendizagem de acadêmicos de licenciatura [Costa-Junior and Anglada-Rivera 2022ab] e de professores que já atuam na Educação Básica [Raabe and Cavalcante 2024]. Embora esse crescimento represente um aspecto positivo para a consolidação do PC no campo educacional, é importante destacar que a própria comunidade científica ainda não alcançou um consenso quanto a uma definição unificada do conceito, bem como em relação ao conjunto básico de habilidades que o compõem [Cutumisu et al. 2019, Santana et al. 2021, Carvalho and Braga 2022, Costa-Junior and Anglada-Rivera 2024ab].

Ao longo dos anos, as compreensões e definições sobre o PC têm sido modificadas e ajustadas conforme diferentes contextos de enquadramento e aplicação. Por exemplo, Wing (2017) defende que o PC envolveria “*os 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*”. Por outro lado, algumas pesquisas sugerem que ele pode ser essencialmente constituído por quatro pilares: abstração, decomposição, reconhecimento de padrões e algoritmos [BBC 2015, Csizmadia et al. 2015, Code.Org 2016, Brackmann 2017].

Santana et al. (2021) apresentam sua compreensão sobre o PC afirmando que ele consiste em “*uma abordagem para a resolução de problemas que envolve um conjunto de habilidades cognitivas, especialmente na aprendizagem de programação e na criação de artefatos computacionais*”. De modo complementar, Costa-Junior e Anglada-Rivera (2024c) propõem uma definição operacional segundo a qual o PC pode ser compreendido como “*a capacidade de formular e resolver problemas por meio da utilização da Computação Física*”. Por fim, Palop et al. (2025) o definem como “*uma forma de raciocínio que permite que as pessoas abordem um problema com determinados dados com o objetivo de que um computador o resolva*”.

Do ponto de vista da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) [Brasil 2018], da BNCC Computação [Brasil 2022a, Brasil 2022b] e da Política Nacional de Educação Digital (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].

2.2. Sobre a Computação Física

De maneira geral, a Computação Física (CF) está relacionada aos artefatos criados para estabelecer a interação entre computadores e o mundo físico por meio de sensores e atuadores [O’Sullivan and Igoe 2004, Zanetti et al. 2023, Costa-Junior and Anglada-Rivera 2024c]. O’Sullivan e Igoe (2004) destacam que as principais partes que compõem um sistema de CF são: transdutores de entrada, transdutores de saída, processamento, programação, transdução, sinais analógicos e/ou digitais, além da comunicação paralela e/ou serial [Guedes et al. 2025].

Przybylla e Romeike (2017) defendem que as interações em um sistema de CF são viabilizadas por meio de componentes eletrônicos, como sensores visuais, sonoros e táteis, os quais captam estímulos do meio e permitem respostas adequadas a esses estímulos. Ampliando essa perspectiva, Culkin e Hagan (2019) afirmam que ela não se limita apenas à recepção de dados, mas inclui também a capacidade de responder às informações captadas, utilizando diferentes tipos de saída. De maneira sucinta, Hodges et al. (2020) apontam que a CF promove a integração entre *software* e *hardware*, possibilitando o desenvolvimento de sistemas interativos que percebem e reagem ao ambiente de forma dinâmica [FieldsOfCS 2023].

No contexto educacional, a CF pode ser compreendida como “*um ambiente de aprendizagem no qual são utilizadas estratégias e recursos da Ciência da Computação para resolver problemas práticos por meio da interação entre o mundo real e o virtual*” [Flores et al. 2024, Bentes et al. 2024, Freitas et al. 2024, Guedes et al. 2025]. Nesse sentido, ela tem sido considerada uma ferramenta capaz de auxiliar no aumento da motivação, na promoção da autoeficácia e na contextualização significativa de projetos [Maximova 2024]. Além disso, tem se mostrado efetiva no apoio à resolução de

problemas, à depuração de código e à realização de testes com *hardware*, permitindo que os alunos exercitem habilidades-chave do PC [Min and Kim 2020, Sari et al. 2022, Hennessy et al. 2024].

A Raspberry Pi Foundation (2021) sugere que a CF possibilita a realização de atividades em que os alunos desenvolvem programas (algoritmos) para interagir com o ambiente por meio de *hardware* específico. Nessa mesma perspectiva, Hodges et al. (2020) reiteram que a CF contribui para a reflexão e compreensão de conceitos abstratos, para a resolução de problemas práticos, para o estímulo à criatividade e à inovação, bem como para o fortalecimento do trabalho em equipe e da colaboração.

3. A Proposta de Atividade

Nesta seção são apresentados os principais aspectos relacionados ao contexto de elaboração das atividades, seus objetivos, as tecnologias, os conceitos mobilizados, bem como as habilidades da BNCC Computação e da área de Ciências da Natureza envolvidas na proposta.

3.1. Contexto de Elaboração

As propostas de atividade avaliadas no contexto deste artigo são oriundas do Produto Educacional (PE) de um doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ensino Tecnológico (PPGET/IFAM). Em síntese, a pesquisa é orientada por um professor doutor em Física e investiga um modelo de ensino que visa auxiliar futuros professores de Física a desenvolverem uma compreensão conceitual e de aplicação prática das habilidades do PC no processo de ensino e aprendizagem dos conhecimentos físicos.

Destaca-se ainda que uma primeira versão das atividades abordadas neste artigo foi avaliada em outro contexto de ensino e aprendizagem, com acadêmicos do curso de Licenciatura em Computação. Os dados desse processo encontram-se disponíveis no artigo “*Pensamento Computacional: uma Proposta de Atividade sobre Operadores Lógicos com Circuitos de Papel e Computação Física*” [Costa-Junior et al. 2025].

Além disso, este novo processo de avaliação foi realizado como parte das atividades de uma intervenção pedagógica desenvolvida com acadêmicos de Licenciatura em Física. Uma descrição mais detalhada dos sujeitos participantes desse processo pode ser encontrada na Seção 4. A Figura 1 apresenta uma visão geral do conteúdo programático da intervenção pedagógica e do Produto Educacional (PE) no qual as propostas de atividade estão inseridas. Por sua vez, uma descrição mais detalhada sobre a dinâmica de condução da 7ª etapa da intervenção pode ser consultada na Seção 4.1 deste artigo.

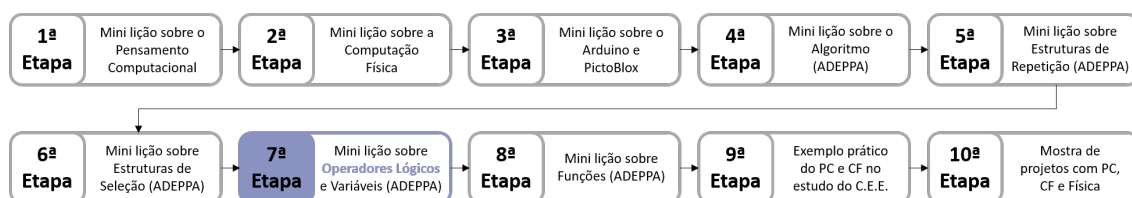


Figura 1. Visão geral do conteúdo programático e do produto educacional.

3.2. Objetivo das Atividades

De maneira geral, a 7ª etapa da intervenção pedagógica (Figura 1) utilizou duas propostas de atividades práticas para abordar o conceito de operadores lógicos E (*and*) e Ou (*Or*) por meio de artefatos da Computação Física. De maneira geral, elas possuíam os seguintes objetivos:

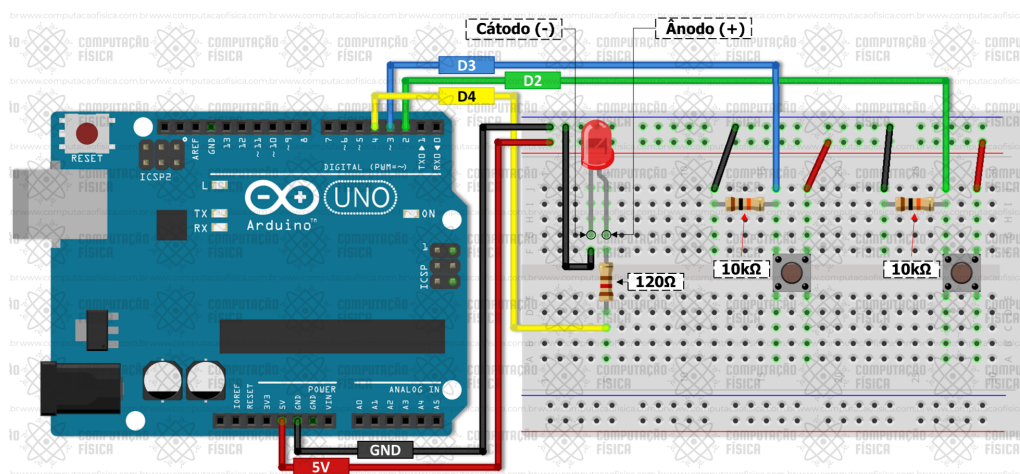


Figura 3. Prototipagem do circuito das atividades sobre os operadores E e Ou.

resistor $120\ \Omega$ e 2 resistor $10\ k\Omega$.

Quanto à escolha do Arduino, a literatura aponta que essa plataforma se destaca por reunir diversas vantagens, tais como o uso de *hardware* e *software* de código aberto, facilidade de manuseio, baixo custo e o suporte de uma comunidade ampla, ativa e colaborativa [Ismailov et al. 2022, Prabowo and Irwanto 2023, Redhwi and Fallatah 2024]. Ademais, observa-se um expressivo aumento de investigações que utilizam placas Arduino em contextos educacionais e experimentais, abrangendo áreas como Biologia, Física, Química, Ciências e STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática) [Prabowo and Irwanto 2023, Redhwi and Fallatah 2024].

Para a operacionalização do sistema de CF, faz-se necessária a utilização de um computador com sistema operacional Windows, visto que os algoritmos foram desenvolvidos para execução no modo palco, com o Arduino conectado por meio de cabo USB. Desse modo, as saídas de dados são exibidas tanto no protótipo físico (LED) quanto diretamente na interface (Palco) do ambiente de programação. Nos procedimentos de prototipagem e validação das atividades, utilizou-se a placa Arduino Uno; entretanto, os algoritmos demonstram flexibilidade e podem ser facilmente ajustados para funcionamento com as placas Arduino Nano e Arduino Mega, as quais são suportadas nativamente pelo ambiente PictoBlox [StemPedia 2022].

3.4. Requisitos de Software

Os algoritmos das atividades foram elaborados utilizando o ambiente de programação PictoBlox (Versão 8.0). Ele foi escolhido por sua simplicidade de uso, facilidade de integração com o Arduino e por apresentar diversas similaridades com o Scratch 3.0 [Costa-Junior and Anglada-Rivera 2023]. A lista completa dos blocos utilizados nos algoritmos pode ser encontrado neste link: <https://tinyurl.com/47ekmfe4>.

Durante o processo de elaboração e implementação dos algoritmos, são mobilizados diversos conceitos essenciais, entre os quais destacam-se: a leitura e a escrita de valores digitais por meio de blocos – como, por exemplo, o comando para ler pino digital [porta 2 e 3] –, o emprego de estruturas de repetição de duração indeterminada, estruturas de seleção composta, operadores lógicos E e Ou, manipulação de variáveis e a visualização de informações no palco, incluindo a exibição de conteúdos textuais armazenados em variáveis.

Para além desses aspectos técnicos, as atividades podem promover o desenvolvimento de habilidades fundamentais do PC, tais como abstração, decomposição, reconhecimento de padrões e construção de algoritmos, bem como competências relacionadas à compreensão da lógica estrutural de um sistema de Computação Física, representada pela sequência entrada → processamento → saída.

No contexto deste artigo, é importante considerar que a execução das atividades pelos acadêmicos de Licenciatura em Física foi precedida por ações de ensino e aprendizagem voltadas aos conceitos pré-requisitos necessários à adequada compreensão das duas atividades, conforme indicado na sequência de etapas da intervenção pedagógica (Figura 1).

3.5. Habilidades da BNCC Computação

Embora as atividades tenham sido concebidas e aplicadas no contexto de ensino e aprendizagem de futuros professores de Física, é importante destacar que foram inicialmente idealizadas considerando os principais objetos de conhecimento e habilidades do eixo Pensamento Computacional (PC) da BNCC Computação [Brasil 2022a, Costa-Junior and Anglada-Rivera 2024a].

Ainda que esse documento tenha sido concebido sob a perspectiva dos estudantes da EB e do campo de atuação dos egressos dos cursos de Licenciatura em Informática/Computação [Brasil 2022b], faz-se necessário considerá-lo como ponto de partida para a elaboração de atividades de ensino e aprendizagem voltadas tanto a acadêmicos de licenciatura quanto a professores que já atuam na Educação Básica, uma vez que, atualmente, não existe no Brasil um documento que norteie explicitamente “o que deve” e “como deve” ser abordado o PC na formação inicial e continuada de professores [Costa-Junior and Anglada-Rivera 2024a].

Tabela 1. Lista das principais habilidades da BNCC Computação nas atividades.

OBJETO DE CONHECIMENTO: LÓGICA COMPUTACIONAL		
Eixo	Série	Nível de Ensino
PC	5º Ano	Ensino fundamental - Anos iniciais
Habilidade	Realizar operações de negação, conjunção e disjunção sobre sentenças lógicas e valores 'verdadeiro' e 'falso'.	
EF05CO03		
EF03CO01 - 3º Ano - Ensino fundamental - Anos iniciais; EI03CO06 - Educação Infantil		
OUTRAS HABILIDADES		
Habilidade	Descrição	Série/Nível
EF06CO02	Elaborar algoritmos que envolvam instruções sequenciais, de repetição e de seleção usando uma linguagem de programação.	6º Ano
EM13CO16	Desenvolver projetos com robótica, utilizando artefatos físicos ou simuladores	Ensino Médio

No contexto da BNCC Computação [Brasil 2022a], observa-se que a única habilidade do eixo PC que aborda explicitamente os operadores lógicos “AND” e “OR” está situada no 5º ano do Ensino Fundamental – Anos Iniciais (Tabela 1). Além disso, embora de forma não explícita, as habilidades EI03CO06 e EF03CO01 também se relacionam fortemente com esses conceitos, na medida em que estimulam o desenvolvimento da capacidade dos alunos de avaliar sentenças lógicas, preparando-os para a compreensão de operações como “AND” e “OR”.

Embora esse não seja o objetivo central da proposta, as atividades apresentadas neste artigo também podem contribuir para o desenvolvimento das habilidades EF06CO02 (6º Ano) e EM13CO16 (Ensino Médio) [Brasil 2022a], uma vez que mantêm forte relação com a elaboração do algoritmo e com o protótipo físico das atividades (Tabela 1).

3.6. Habilidades de Ciências da Natureza - BNCC

Para além dos conceitos computacionais, as propostas de atividades de CF podem ser utilizadas de forma interdisciplinar para auxiliar no desenvolvimento das habilidades EF08CI02, EF08CI03, EM13CNT101 e EM13CNT106 (Tabela 2), da área de Ciências da Natureza da BNCC [Brasil 2018]. Nesse sentido, tais habilidades contribuem para a compreensão de fenômenos físicos relacionados à energia, ao funcionamento de equipamentos elétricos e à análise crítica de seus impactos, articulando conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais no contexto do ensino de Física. Nesse sentido, a habilidade:

- **EF08CI02** - está diretamente relacionada à montagem do circuito na protoboard (Arduino, resistores, LED e pushbuttons), à identificação dos componentes e à análise do caminho da corrente elétrica no sistema construído;
- **EF08CI03** - pode ser explorada quando os estudantes discutem que o LED é um dispositivo que transforma energia elétrica em energia luminosa, comparando-o com outros equipamentos usados no cotidiano;
- **EM13CNT101** - pode fomentar a investigação do circuito com LED e pushbuttons permitindo discutir o fluxo da corrente, diferença de potencial e conversão de energia, além de favorecer a modelagem (diagramas de circuito, tabelas verdade, gráficos de funcionamento) e previsões sobre o comportamento do sistema quando um ou ambos os botões são acionados;
- **EM13CNT106** - o protótipo de Computação Física pode ser usado como ponto de partida para discutir sistemas de automação e controle de cargas elétricas (como lâmpadas residenciais), analisando como soluções baseadas em sensores, microcontroladores e lógica digital podem contribuir para o uso mais eficiente e consciente da energia elétrica.

Tabela 2. Lista de habilidades de Ciências da Natureza associadas às atividades.

Habilidade	Descrição	Série/Nível
EF08CI02	Construir circuitos elétricos com pilha/bateria, fios e lâmpada ou outros dispositivos e compará-los a circuitos elétricos residenciais.	8º ANO - Ensino Fundamental
EF08CI03	Classificar equipamentos elétricos residenciais (chuveiro, ferro, lâmpadas, TV, rádio, geladeira etc.) de acordo com o tipo de transformação de energia (da energia elétrica para a térmica, luminosa, sonora e mecânica, por exemplo).	8º ANO - Ensino Fundamental
EM13CNT101	Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.	Ensino Médio
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, 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 e culturais.	Ensino Médio

4. O Processo de Avaliação

Nesta seção, são apresentadas informações relativas ao processo de execução e avaliação das atividades. Nesse contexto, descrevem-se o cenário em que foram desenvolvidas, os instrumentos utilizados, os aspectos éticos envolvidos e os resultados obtidos.

4.1. Contexto de avaliação

Neste artigo, são apresentados os dados referentes ao processo de execução e avaliação das propostas de atividades de Computação Física sobre operadores lógicos, realizado por um grupo de sete acadêmicos (três mulheres e quatro homens) do curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal do Amazonas (IFAM/CMC). No período em que participaram de ambos os processos, os estudantes possuíam idade média de 25,5 anos (mínima 21 e máxima 42). Quanto ao ano de ingresso no curso, um acadêmico ingressou em 2017, outro em 2020 e os demais (cinco) em 2022.

Além disso, destaca-se que os processos foram conduzidos como parte das atividades da disciplina “Atividades Computacionais Aplicadas ao Ensino de Física”, componente curricular do 8º período (C.H. 60h) do curso de origem dos participantes. Essa disciplina foi selecionada por apresentar, em sua ementa, diversos pontos de convergência com o PE do doutorado, especialmente no que se refere as habilidades do Pensamento Computacional (PC) e a Computação Física (CF).



Figura 4. Apresentação dos conceitos e prática do PC desplugado.

Os processos de apresentação dos conceitos, da realização das práticas e de avaliação das atividades (7ª etapa - Figura 1), foram conduzidos em 7 fases (3 horas/aula de 50 minutos): (1) apresentação dos conceitos de operadores lógicos E e Ou (Figura 4a); (2) explicação dos enunciados das atividades práticas; (3) exercitação dos pilares do PC (desplugado) nos enunciados das questões (Figura 4b); (4) construção do circuito (Figura 5); (5) elaboração dos algoritmos (Figura 6a); (6) testes e execução dos algoritmos do sistema de CF (Figura 6b); e (7) avaliação das atividades (Figura 7). Estas fases foram conduzidas em um laboratório de informática.

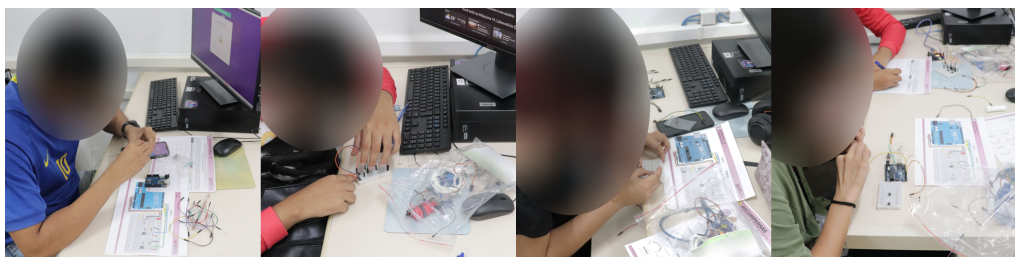


Figura 5. Acadêmicos construindo os circuitos das atividades.

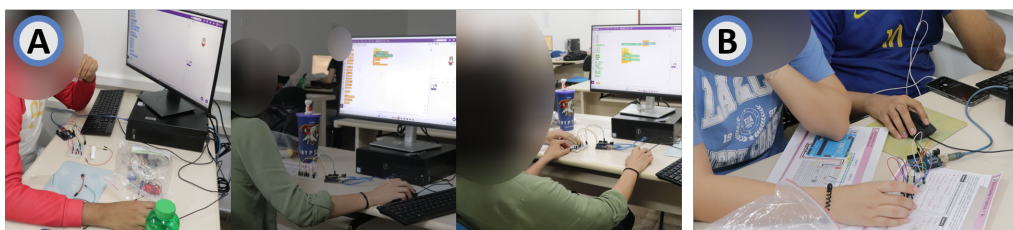


Figura 6. Acadêmicos elaborando algoritmos e realizando testes de integração.

Por fim, destaca-se que o processo de avaliação das atividades – concepção e aplicação do instrumento de avaliação – foi realizado em colaboração com um acadêmico de licenciatura em Computação (EST/UEA).

4.2. Instrumento de Avaliação

Para o processo de avaliação, foi elaborado um questionário semiestruturado, composto por nove perguntas – seis de múltipla escolha (P1 a P6) e três discursivas (P7 a P9). As

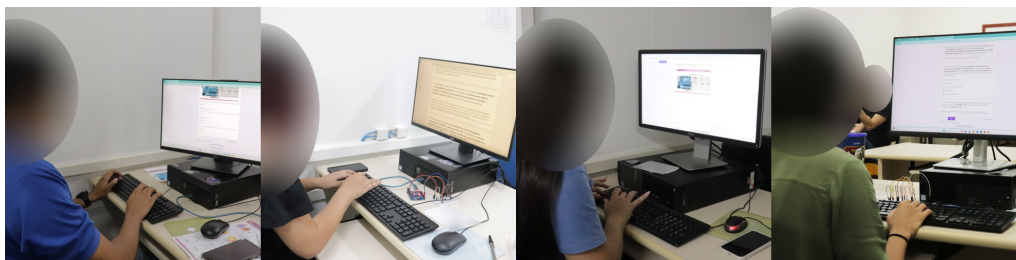


Figura 7. Acadêmicos avaliando as atividades sobre os operadores E e Ou.

questões de múltipla escolha foram organizadas em uma escala Likert de cinco pontos (1 – discordo totalmente; 5 – concordo totalmente). O conjunto completo das perguntas pode ser acessado no arquivo disponível neste link: <https://tinyurl.com/47ekmfe4>.

De maneira geral, o questionário teve como objetivo coletar dados sobre a percepção dos acadêmicos de Licenciatura em Física a respeito de: (1) os objetivos das atividades; (2) a relação delas com as habilidades do Pensamento Computacional (PC) previstas na BNCC Computação; (3) o nível de segurança dos avaliadores para replicar a atividade; e (4) as dificuldades percebidas durante sua execução e possível replicação, bem como 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.

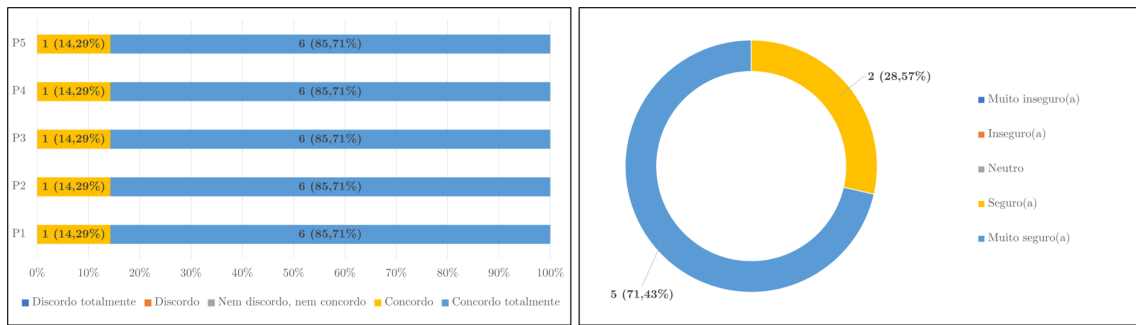
4.4. Os Resultados

Inicialmente, os acadêmicos de Licenciatura em Física foram questionados se acreditavam que as atividades de Computação Física (A e B), por eles executadas, poderiam ser constituir como exemplos concretos para visualizar e experimentar, na prática, os conceitos de operadores lógicos E e OU (P1). Do total, 85,71% concordaram totalmente com essa afirmação e 14,29% apenas concordaram (Figura 8a).

Na segunda pergunta (P2), os participantes foram indagados se, além dos conceitos de operadores lógicos E e OU, as atividades (A e B) com Computação Física (Arduino e PictoBlox) poderiam auxiliar na aprendizagem de outros conceitos e habilidades pertencentes a diferentes áreas do conhecimento, para além do Pensamento Computacional e da Computação. Do total de respondentes, 85,71% concordaram totalmente com essa afirmação e 14,29% apenas concordaram (Figura 8a).

Em seguida, a pergunta 3 (P3) teve como objetivo coletar dados sobre a percepção dos acadêmicos quanto ao potencial das atividades (A e B), em se constituírem como uma alternativa viável de recurso didático-tecnológico para a aplicação prática das habilidades do PC previstas na BNCC Computação. Assim como nas questões anteriores, 85,71% dos participantes concordaram totalmente com essa afirmação e 14,29% apenas concordaram (Figura 8a).

Na sequência eles foram questionados se as atividades que haviam executado poderiam ser utilizadas para auxiliar no desenvolvimento das habilidades EI03CO06, EF03CO01 e EF05CO03 do eixo de PC da BNCC Computação (P4). 85,71% concordaram totalmente com essa afirmação e 14,29% apenas concordaram (Figura 8a).



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

b) Gráfico com os dados da pergunta 6 do questionário de avaliação.

Figura 8. Gráficos com os dados das questões de múltipla escolha.

Eles também foram indagados se de maneira geral, considerando as atividades (A e B), se eles acreditavam que elas lhes permitiram visualizar, na prática, exemplos concretos de recursos plugados para auxiliar no desenvolvimento das habilidades do Pensamento Computacional da BNCC Computação (P5). 85,71% concordaram totalmente com essa afirmação e 14,29% apenas concordaram (Figura 8a).

Na perspectiva de coletar dados sobre o seu nível de segurança, os avaliadores 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 prático para replicar e/ou reproduzir as atividades em outros contextos de ensino e aprendizagem (P6). 71,43% atribuíram o nível máximo (5) e 28,57% atribuíram o nível 4 (“concordo”) (Figura 8b).

Tabela 3. Respostas dos acadêmicos para as perguntas P7, P8 e P9.

Avaliador	Pergunta	Resposta
A	7	<i>Na montagem do arduino realizei tive uns problemas pois esqueci um jumper por isso nao estava acendendo já na questão do pictoblox tive um pouco de problema na questão do operador OR pois ainda estava pegando o jeito já no operador AND já estava mais fácil.</i>
B		<i>Montagem do circuito.</i>
C		<i>Falta de atenção minha e minha própria falta de tempo e comprometimento.</i>
D		<i>Durante a montagem do circuito na protoboard, eu tive dificuldades na hora de encaixar todas os pinos em suas devidas entradas, era um pouco complicado de visualizar, mas o professor checkou para mim e deu tudo certo no fim. Na montagem do algoritmo, foi tudo tranquilo e intuitivo. Somente a declarar.</i>
E		<i>Inicialmente, para entender a diferença entre os dois operadores (E e Ou). Mas, depois de executar as práticas, pude observar a diferença de maneira concreta na execução dos algoritmos e sistema de computação física.</i>
F		<i>Ainda apresento um pouco de dificuldade para montar os circuitos e na parte de programar.</i>
G		<i>Nenhuma, achei elas bem simples de serem compreendidas e executadas.</i>
A	8	<i>Teria de ministrar uma explicação bem concisa para que os alunos entendessem bem.</i>
B		<i>A parte de montagem do circuito da atividade.</i>
C		<i>Lembrar um pouco da construção de cada circuito e memorizar as entradas e saídas de cada um deles.</i>
D		<i>Em primeiro lugar, a questão dos materiais utilizados e, em segundo, o espaço adequado (laboratório), todos precisam estar disponíveis para a execução! Pois no meu caso, vivenciei uma experiência em que os materiais foram totalmente bancados pelo professor, e também ele precisou reservar um laboratório de informática do instituto como apoio.</i>
E		<i>Eu acredito que seria ter disponível os equipamentos para reproduzir com meus alunos. Por exemplo, o arduino, computadores, leds, etc.</i>
F		<i>Ter mais segurança para explicar os conceitos do algoritmo.</i>
G		<i>Bom, umas das dificuldades seria caso os estudantes errassem algo referente a montagem dos circuitos e, por ser uma turma de alunos cheia (por ser uma turma de ensino médio), talvez ficasse meio complicado auxiliar todos eles. Mas, acredito que seja somente isso nesse contexto de apresentar o conteúdo para uma turma de alunos do ensino médio.</i>
A	9	<i>Está tudo de boa.</i>
B		<i>Como dita na pergunta anterior. Seria para a parte de mais exemplos de montagem.</i>
C		<i>Nada a acrescentar, ficou top.</i>
D		<i>Nada a declarar.</i>
E		<i>Um tutorial explicando passo a passo a construção dos algoritmos e do sistema de computação física. Isso ajudaria a gente, futuros professores a poder replicar a atividade futuramente.</i>
F		<i>Talvez, um guia explicando em detalhes o que cada bloco de instrução do algoritmo faz. Pode ser um vídeo também.</i>
G		<i>Não consigo pensar em nada para dar de sugestão. A forma como as aulas estão sendo ministradas suprem todas as lacunas e, caso alguma precise ser preenchida, o professor sempre consegue dar o suporte necessário. Então, para mim, está tudo ótimo assim.</i>

Na primeira pergunta discursiva (P7), os acadêmicos foram solicitados a relatar as principais dificuldades e/ou desafios enfrentados durante o desenvolvimento das ativi-

dades de Computação Física sobre os operadores lógicos *AND* e *OR*. De modo geral, a maioria dos participantes indicou ter encontrado dificuldades relacionadas à montagem do circuito das atividades, conforme evidenciado pelos relatos dos acadêmicos A, B, D e F (Tabela 3).

A pergunta 8 (P8) solicitava que os acadêmicos indicassem quais dificuldades e/ou desafios acreditavam que poderiam enfrentar ao replicar ou reproduzir as atividades em outros tempos e espaços educativos. No caso desta questão, os dados revelaram uma diversidade de desafios, dentre os quais se destacam: dificuldades relacionadas à explicação dos conceitos (A, F); à montagem do circuito (B, C); à compreensão das partes que compõem o sistema de Computação Física (CF) (C); à disponibilidade de recursos didático-tecnológicos (D, E); e à gestão da atividade em turmas numerosas (F) (Tabela 3).

Por fim, a última pergunta (P9) teve como objetivo coletar dados sobre o *feedback* dos acadêmicos em relação a possíveis sugestões de ajustes, correções e/ou melhorias que poderiam ser implementadas nas atividades de Computação Física sobre os operadores *AND* e *OR*. Em síntese, a maioria optou por não apresentar sugestões (A, C, D, G); um avaliador sugeriu a inclusão de exemplos de montagem (B); e dois acadêmicos recomendaram a elaboração de um tutorial com o passo a passo da construção das atividades (E, F) (Tabela 3).

5. Considerações Finais

De maneira geral, os dados coletados no processo de avaliação descrito neste artigo apresentam evidências significativas quanto à aderência das atividades ao seu propósito de se constituírem como ferramentas para auxiliar na aprendizagem dos conceitos de operadores lógicos *AND* e *OR*.

Embora esses dados sejam sugestivos, é necessário analisá-los com cautela, uma vez que foi utilizada uma amostra reduzida de avaliadores. Além disso, deve-se considerar que o grupo de participantes que respondeu ao instrumento de avaliação não se configura como o mais especializado para esse tipo de análise, visto que não está sendo formado em um curso da área de Computação e teve contato limitado com os conceitos abordados durante a intervenção pedagógica. Ainda assim, os achados deste artigo corroboram aqueles já reportados por Costa-Junior et al.[3035], que avaliou as mesmas atividades com acadêmicos de Licenciatura em Computação.

Ademais, dados relativos à compreensão conceitual dos avaliadores – acadêmicos de Licenciatura em Física – acerca dos operadores lógicos também devem ser analisados, a fim de verificar se as informações fornecidas neste processo de avaliação refletem, de fato, a efetividade das atividades em relação aos objetivos que se propõem. Ou seja, torna-se necessário compreender se, no momento da avaliação, os participantes possuíam uma compreensão coerente sobre os conceitos de operadores lógicos *AND* e *OR*. Esses dados serão analisados em um estudo (artigo) posterior.

No que se refere aos trabalhos futuros, espera-se utilizar as aprendizagens obtidas neste processo de avaliação para: (i) realizar ajustes nas propostas de atividades; (ii) conduzir um processo avaliativo com professores de Computação já graduados; e (iii) desenvolver uma intervenção piloto com alunos da Educação Básica.

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 nov. 2025.
- BBC, L. (2015). Introduction to Computational Thinking. Disponível em: <https://bit.ly/42IqCJr>. Acesso em: 08 de nov. 2025.
- 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 nov. 2025.
- 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: 18 de nov. 2025.
- Brackmann, C. P. (2017). *Desenvolvimento do Pensamento Computacional através de atividades desplugadas na Educação Básica. 2017. 226 f.* PhD thesis, Tese (Doutorado em Informática na Educação)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://bit.ly/43soeaM>. Acesso em: 08 de nov. 2025.
- Brasil (2018). Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Ministério da Educação. Disponível em: <https://tinyurl.com/ytakapk9>. Acesso em: 05 de nov. 2025.
- Brasil (2022a). Normas sobre Computação na Educação Básica – BNCC Computação. Disponível em: <https://tinyurl.com/388jfb2m>. Acesso em: 08 de nov. 2025.
- Brasil (2022b). PARECER CNE/CEB Nº: 2/2022. Disponível em: <https://tinyurl.com/yjbnkztv5>. Acesso em: 12 de nov. 2025.
- Brasil (2023). Política Nacional de Educação Digital (PNED). Disponível em: <https://tinyurl.com/48j7f57h>. Acesso em: 15 de nov. 2025.
- 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 nov. 2025.
- Carvalho, F. and Braga, M. (2022). Pensamento computacional na educação brasileira: um olhar segundo artigos do congresso brasileiro de informática na educação. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 30:237–261. Disponível em: <https://tinyurl.com/2s7c79yb>. Acesso em: 18 de nov. 2025.

- Code.Org (2016). Computational Thinking. Disponível em: <https://bit.ly/3J00QJo>. Acesso em: 08 de mar. 2025.
- 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 nov. 2025.
- 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 nov. 2025.
- 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 nov. 2025.
- 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 nov. 2025.
- 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 nov. 2025.
- 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/48usdtx6>. Acesso em: 13 nov. 2025.
- 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: 07 de nov. 2025.
- Costa-Junior, A. d. O., Flores, E. F., and Anglada-Rivera, J. (2025). Pensamento computacional: uma proposta de atividade sobre operadores lógicos com circuitos de papel e computação física. In *Anais do XXXI Workshop de Informática na Escola*, pages 449–463, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/49tnzb2s>. Acesso em: 20 de nov. 2025.
- 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 nov. 2025.
- Csizmadia, A., Curzon, P., Dorling, M., Humphreys, S., Ng, T., Selby, C., and Woollard, J. (2015). Computational thinking-a guide for teachers. Disponível em: <https://bit.ly/43MYp52>. Acesso em: 08 de nov. 2025.
- Culkin, J. and Hagan, E. (2019). *Aprenda eletrônico com Arduino: Um guia ilustrado de eletrônico para iniciantes*. Novatec Editora.
- Cutumisu, M., Adams, C., and Lu, C. (2019). A scoping review of empirical research on recent computational thinking assessments. *Journal of Science Education and Technology*, 28(6):651–676. Disponível em: <https://tinyurl.com/32czaye9>. Acesso em: 13 de nov. 2025.
- Falcão, T. P. (2021). Computational thinking for all: What does it mean for teacher education in brazil? In *Anais do Simpósio Brasileiro de Educação em Computação*, pages 371–379. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/4xx3hcf4>. Acesso em: 18 de nov. 2025.
- 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/dnn2m8n7>. Acesso em: 18 de nov. 2025.
- FieldsOfCS (2023). Physical computing - robotics - processors and chips. Disponível em: <https://tinyurl.com/yjee3vjh>. Acesso: 15 de nov. 2025.
- 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: 31 de mar. 2025.
- Foundation, R. P. (2021). *The Big Book of Computing Pedagogy*. Raspberry Pi Foundation. Disponível em: <https://tinyurl.com/6pps72vf>. Acesso em: 16 de nov. 2025.
- 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 nov. 2025.
- 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: 15 de nov. 2025.
- 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 nov. 2025.
- Hennessy, C. E., Nixon, J., Gendrau Chakarov, A., Bush, J. B., Schneider, M. J., and Recker, M. (2024). Characterizing teacher support of debugging with physical compu-

- ting: Debugging pedagogies in practice. *ACM transactions on computing education*, 24(4):1–28. Disponível em: <https://tinyurl.com/mr3hecdd>. Acesso em: 25 de nov. 2025.
- 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: 15 de nov. 2025.
- Ismailov, A. S., Jo‘Rayev, Z. B., et al. (2022). Study of arduino microcontroller board. *Science and Education*, 3(3):172–179. Disponível em: <https://tinyurl.com/3dwkkej>. Acesso em: 05 de nov. 2025.
- 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. ° 1/2022. In *Workshop sobre Educação em Computação (WEI)*, pages 539–551. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/2s39mj5h>. Acesso em: 15 de nov. 2025.
- 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: 31 de nov. 2025.
- 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: 15 de nov. 2025.
- 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/y3c4tp2a>. Acesso em: 25 de nov. 2025.
- O’Sullivan, D. and Igoe, T. (2004). *Physical computing: sensing and controlling the physical world with computers*. Course Technology Press.
- Palop, B., Díaz, I., Rodriguez-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: 18 de nov. 2025.
- 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 nov. 2025.
- 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: 09 de nov. 2025.
- 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: 18 de nov. 2025.

- 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 nov. 2025.
- Santana, B. L., Chavez, C. v. F. G., and Bittencourt, R. A. (2021). Uma definição operacional para pensamento computacional. In *Anais do Simpósio Brasileiro de Educação em Computação*, pages 93–103. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/4fuuc5mc>. Acesso em: 13 de nov. 2025.
- Sari, U., Pektaş, H. M., Şen, Ö. F., and Çelik, H. (2022). Algorithmic thinking development through physical computing activities with arduino in stem education. *Education and Information Technologies*, 27(5):6669–6689. Disponível em: <https://tinyurl.com/dy488dkp>. Acesso em: 25 de nov. 2025.
- SBC (2025). Grandes Desafios da Educação em Computação 2025-2035: Resumo Executivo. Disponível em: <https://tinyurl.com/bds324cy>. Acesso em: 29 de nov. 2025.
- Souza, F., Leite, R., Brito, C. M., Villela, M., and Santos, C. Q. (2019). O desenvolvimento do pensamento computacional além do ensino em ciências exatas: uma revisão da literatura. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, page 528. Disponível em: <https://tinyurl.com/mryyr2at>. Acesso em: 18 de nov. 2025.
- StemPedia (2022). PictoBlox Extensions. Arduino – Uno, Nano e Mega. Disponível em: <https://tinyurl.com/2pj97abb>. Acesso em: 05 de nov. 2025.
- 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: 11 de nov. 2025.
- 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/yxca6xks>. Acesso em: 25 de nov. 2025.
- 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: 15 de nov. 2025.