

Pensamento Computacional: uma Proposta de Atividade sobre Operadores Lógicos com Circuitos de Papel e Computação Física

Almir de Oliveira Costa Junior¹², Eloína Ferreira Flores¹, José Anglada Rivera²

¹Curso de Licenciatura em Computação – Escola Superior de Tecnologia (EST)
Universidade do Estado do Amazonas (UEA)
69.050-020 – Manaus – AM – Brazil

²Programa de Pós-Graduação em Ensino Tecnológico (PPGET)
Instituto Federal do Amazonas (IFAM)
69.020-120 – Manaus – AM – Brazil

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

Abstract. *With the consolidation of BNCC Computing and the National Digital Education Policy (PNED), Computational Thinking (CT) skills have gained wide prominence in the Brazilian educational scenario. However, numerous challenges still need to be overcome, among them the need to provide teaching materials that consider the particularities of BNCC Computing and Brazilian schools. In this context, this article reports the results of the validation process of practical activities with Paper Circuits (PC) and Physical Computing (PC), aimed at supporting the development of skills related to the logical operators AND and OR of BNCC Computing.*

Resumo. *Com a consolidação da BNCC Computação e da Política Nacional de Educação Digital (PNED), as habilidades do Pensamento Computacional (PC) passaram a ganhar amplo destaque no cenário educacional brasileiro. Contudo, inúmeros desafios ainda precisam ser superados, entre eles a necessidade de disponibilizar materiais didáticos que considerem as particularidades da BNCC Computação e das escolas brasileiras. Diante disso, este artigo relata os resultados do processo de validação de atividades práticas com Circuitos de Papel (CP) e Computação Física (CF), destinadas a auxiliar no desenvolvimento de habilidades relacionadas aos operadores lógicos AND e OR da BNCC Computação.*

1. Introdução

Embora se observem avanços significativos na inserção do Pensamento Computacional (PC) na Educação Básica (EB), com a consolidação de políticas específicas sobre o ensino de Computação [Brasil 2022a, Brasil 2022b, Brasil 2023] e o aumento de pesquisas envolvendo essas habilidades [Berssanette and de Francisco 2021, Carvalho and Braga 2022], muitos desafios ainda permanecem para consolidá-las nos espaços escolares brasileiros [Fantinati and Rosa 2021, Costa-Junior and Anglada-Rivera 2024a, SBC 2025].

Entre eles, destacam-se a ampliação do acesso a recursos tecnológicos e infraestrutura, como laboratórios de informática [Freire et al. 2021, de Oliveira Gomes et al. 2024], o investimento na formação inicial e continuada de professores [Costa-Junior and Anglada-Rivera 2022ab, Costa-Junior and Anglada-Rivera 2023, Costa-Junior and Anglada 2025] e o aumento da disponibilidade de materiais didáticos sobre o PC [França and Tedesco 2019, Silva et al. 2021, SBC 2025, Guedes et al. 2025].

Sobre este último aspecto, estudos sugerem que existe uma carência de materiais sobre o PC em língua portuguesa [França and Tedesco 2019, SBC 2025] e que, na maioria dos casos encontrados na literatura, as atividades são essencialmente fundamentadas em abordagens desplugadas [Silva et al. 2021], o que acaba restringindo seu alcance e limitando a aprendizagem [Li et al. 2023]. De certo modo, isso representa um desafio atual e emergente, tendo em vista a consolidação da BNCC Computação no Brasil.

Diante disso, este artigo tem como objetivo relatar os resultados de uma experiência de validação de atividades práticas (desplugada e plugada) de Circuitos de Papel (*Paper Circuit*) e Computação Física (*Physical Computing*), para auxiliar no desenvolvimento de habilidades do eixo Pensamento Computacional (*Computational Thinking*) da BNCC Computação, relacionadas aos conceitos dos operadores lógicos *And* e *Or*. O artigo está organizado da seguinte maneira: na Seção 2, é apresentada a revisão da literatura; na Seção 3, são apresentadas as propostas de atividades; na Seção 4, é descrito o processo de validação e, por fim, as considerações finais na Seção 5.

2. Revisão da Literatura

Nesta seção são apresentadas as definições operacionais dos principais conceitos abordados no contexto deste artigo: Pensamento Computacional, Circuitos de Papel e da Computação Física.

2.1. Sobre o Pensamento Computacional

Em uma de suas definições mais recentes, 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” [Wing 2017]. Em contraponto, alguns estudos evidenciam que o PC poderia ser essencialmente caracterizado por quatro pilares: abstração, reconhecimento de padrões, decomposição e algoritmos [BBC 2015, Csizmadia et al. 2015, Liukas 2015, Code.Org 2016, Brackmann 2017, Rosa et al. 2025].

Do ponto de vista da BNCC [Brasil 2018], BNCC Computação [Brasil 2022a, Brasil 2022b] e da PNED [Brasil 2023], o PC “*Envolve as capacidades 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, diversos estudos afirmam que a comunidade científica ainda não chegou a um consenso unificado sobre o que de fato seria o PC, nem a um conjunto básico de habilidades que estão relacionadas a ele [Cutumisu et al. 2019, Santana et al. 2021, Carvalho and Braga 2022, Costa-Junior and Anglada-Rivera 2024b, Sommer et al. 2025]. Contudo, é possível perceber dois pontos principais de convergência entre essas definições: a busca por soluções eficazes na resolução de problemas [Sommer et al. 2025] e a utilização de abordagens plugadas ou desplugadas nesse processo [da Silva et al. 2021, Matsubara et al. 2023, Cenci and Kist 2024, Ceconello et al. 2024].

2.2. Sobre os Circuitos de Papel

Circuitos de papel (CP), ou *Paper Circuits*, são circuitos elétricos funcionais construídos sobre superfícies de papel, utilizando materiais como fita de cobre, alumínio, LEDs, baterias e etc. Eles permitem a criação de projetos interativos, como cartões luminosos e esculturas em papel, sendo uma ferramenta eficaz para introduzir conceitos de eletricidade, engenharia e computação de forma acessível e criativa [Chibitronics 2022].

Estudos destacam que esses recursos oferecem várias vantagens e benefícios, como a prototipagem rápida e de baixo custo, a aprendizagem ativa e engajadora, a conexão com arte e criatividade, a resolução de problemas e o pensamento crítico, o auxílio na aprendizagem de conceitos básicos de eletricidade, o desenvolvimento de habilidades socioemocionais e práticas sustentáveis [Qi 2012, Eguchi et al. 2020, Peppler et al. 2023, Zulkarnain et al. 2024, Wells 2025]. No contexto do PC, os circuitos de papel se destacam como ponto de partida ao possibilitar a interação física, o aprendizado de lógica, a depuração e o desenvolvimento criativo de atividades de resolução de problemas [Lee e Recker 2018, Zulkarnain et al. 2024].

2.3. Sobre a Computação Física

Em sua obra intitulada *Physical Computing: Sensing and Controlling the Physical World with Computers*, O'Sullivan e Igoe (2004) definem a Computação Física (CF) como sendo um processo de estabelecer uma conversa entre o mundo virtual do computador 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, Flores et al. 2024, Bentes et al. 2024, Freitas et al. 2024].

Przybylla e Romeike (2017) e Culkin e Hagan (2019) defendem que a CF é caracterizada pelo uso de sensores e atuadores na criação e implementação de sistemas concretos que interagem com o ambiente. Nesse sentido, O'Sullivan e Igoe (2004) preconizam que sistemas de CF devem envolver uma estrutura básica composta de: transdutores de entrada e saída, processamento, sinal analógico e/ou digital, programação, além de elementos como transdução, a comunicação paralela e/ou serial [Guedes et al. 2025].

No contexto educacional, estudos apontam que a CF pode aumentar a motivação, promover a autoeficácia e contextualizar projetos de forma significativa, além de possibilitar a resolução de problemas e a prática de depuração de código e testes com *hardware*, exercitando habilidades-chave do PC [Maximova 2024]. A Foundation Pi (2021) complementa que essas atividades incentivam os alunos a criar algoritmos que interajam com o ambiente físico. Hodges et al. (2020) reforçam esses pontos, destacando o desenvolvimento de conceitos abstratos, a resolução de problemas práticos, a criatividade e a inovação, além do fortalecimento do trabalho em equipe e da colaboração.

3. As Propostas de Atividades

Nesta seção são descritos os objetivos, o contexto de elaboração, as habilidades do eixo PC da BNCC Computação envolvidas e a apresentação das atividades.

3.1. Do objetivo

De maneira geral, as atividades propostas neste artigo (seções 3.4.1 e 3.4.2) têm como objetivo estimular o desenvolvimento de habilidades relacionadas aos conceitos dos operadores lógicos *And* (E) e *Or* (OU), e que são sugeridas no contexto do eixo PC da BNCC Computação [Brasil 2022a]. A Tabela 1 apresenta a lista de habilidades primárias que estão diretamente envolvidas nas propostas de atividades.

Embora as atividades tenham sido concebidas para alunos da Educação Básica (EB), este artigo apresenta um processo de validação realizado por acadêmicos de licenciatura em Computação (Seção 4). Essa escolha se justifica pelo fato de esses acadêmicos possuírem maior conhecimento para analisar e avaliar as potencialidades das atividades antes de sua validação efetiva com o público-alvo.

Além disso, observa-se que as atividades apresentam limitações em relação às possibilidades de sua replicação e aplicação. O conceito de operadores lógicos aparece

explicitamente em habilidades do eixo PC na Educação Infantil e nos 3º e 5º anos do Ensino Fundamental – Anos Iniciais. Nesse sentido, considera-se que as atividades propostas sejam mais adequadas para execução com alunos do 5º ano, uma vez que esses estudantes podem apresentar maior habilidade manual para manusear os recursos e ferramentas utilizados nas atividades com Circuitos de Papel e Computação Física.

3.2. Do contexto de elaboração

As atividades foram planejadas como parte de um Produto Educacional (PE), desenvolvido em uma pesquisa de doutorado do PPGET/IFAM, em colaboração com uma acadêmica de Licenciatura em Computação (EST/UEA). Elas visam ampliar a oferta de materiais didáticos acessíveis e de baixo custo sobre Pensamento Computacional, diante da carência apontada em estudos [França and Tedesco 2019, SBC 2025].

Por fim, considera-se que, ao apresentar duas propostas de atividades – uma desplugada e outra plugada –, baseadas nos mesmos conceitos e habilidades da Computação [Brasil 2022a], foram contempladas as diferentes realidades culturais e socioeconômicas das escolas brasileiras. Como exemplo, dados recentes do Censo Escolar [Brasil 2024] indicam que apenas 25,03% das escolas (públicas e privadas) do país possuem laboratório de informática e 52,44% dispõem de internet para fins pedagógicos.

3.3. Das habilidades do eixo PC da BNCC Computação

Na Computação, os operadores *AND* (&&), *OR* (||) e *NOT* (!) são essenciais para implementar a lógica de controle no fluxo de execução de um programa (algoritmo), facilitando a decisão entre alternativas com base em condições específicas [Sebesta 2019, Cormen et al. 2022, Downey 2024]. No dia a dia, a compreensão desses conceitos pode auxiliar na tomada de decisões de maneira mais precisa e objetiva, promovendo um raciocínio mais estruturado e lógico [Teixeira and de Souza 2024]. Nesse sentido, no contexto da Computação e do PC esses operadores podem ser utilizados para aplicar a lógica em processos decisórios, destacando sua relevância na resolução de problemas complexos e na modelagem de sistemas [Hamidi et al. 2023].

Tabela 1. Habilidades sobre lógica computacional - BNCC Computação.

Eixo	Habilidade	Objetivo de aprendizagem	Nível de Ensino
PC	EI03CO06	Compreender decisões em dois estados (verdadeiro ou falso).	Educação Infantil
Eixo	Objeto de Conhecimento	Série	Nível de Ensino
PC	Lógica Computacional	3º Ano	Ensino fundamental - Anos iniciais
Habilidade	Associar os valores 'verdadeiro' e 'falso' a sentenças lógicas que dizem respeito a situações do dia a dia, fazendo uso de termos que indicam negação.		
EF03CO01			
Eixo	Objeto de Conhecimento	Série	Nível de Ensino
PC	Lógica Computacional	5º Ano	Ensino fundamental - Anos iniciais
Habilidade	Realizar operações de negação, conjunção e disjunção sobre sentenças lógicas e valores 'verdadeiro' e 'falso'.		
EF05CO03			

No contexto da BNCC Computação [Brasil 2022a], é possível observar que a única habilidade do eixo PC que aborda explicitamente os operadores lógicos “*AND*” e “*OR*” está descrita no 5º ano do Ensino Fundamental - Anos Iniciais (Tabela 1). Além disso, de maneira não explícita, as habilidades EI03CO06 e EF03CO01 também se relacionam fortemente com esses conceitos. Isso porque elas estimulam o desenvolvimento da capacidade dos alunos de avaliar sentenças lógicas, preparando-os para compreender operações como o “*AND*” e o “*OR*”. A Tabela 1 apresenta a lista de habilidades primárias envolvidas nas atividades de Circuito de Papel e Computação Física.

3.4. Apresentação das Atividades

As Figuras 1a e 1b apresentam, respectivamente, o design de uma das atividades desplugadas com Circuitos de Papel e a visão geral do sistema de Computação Física das atividades plugadas.

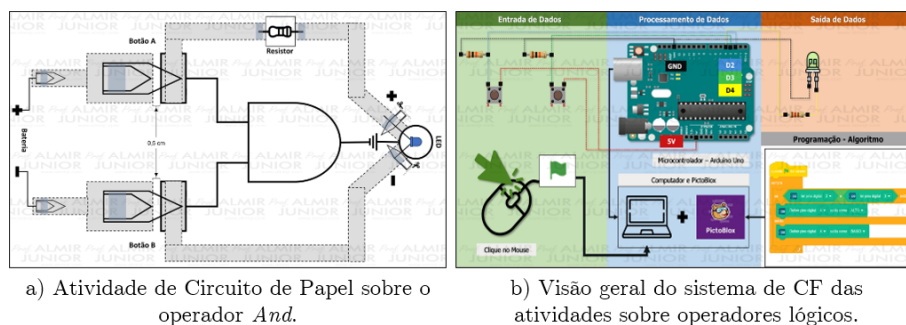


Figura 1. Ilustrações das atividades de circuitos de papel e computação física.

3.4.1. Circuitos de Papel

A Figura 1a apresenta uma arte ilustrativa com o *design* da atividade de Circuito de Papel sobre o operador *And*. Um arquivo contendo descrições mais detalhadas sobre as duas atividades pode ser encontrado neste link: <https://tinyurl.com/35839u6s>. De maneira geral, as atividades possuem os seguintes objetivos: **Operador And** – Elaborar um circuito de papel para ligar e/ou desligar um LED por meio do acionamento concomitante de dois botões (Figura 1a); **Operador Or** – Elaborar um circuito de papel para ligar e/ou desligar um LED por meio do acionamento independente de um dos dois botões.

Uma versão expandida das descrições, orientações, lista de materiais, moldes, modelos, tutorial do processo de construção e imagens de um protótipo de cada uma das atividades pode ser visualizado neste link: <https://tinyurl.com/49bs3xnz>. Para cada uma das atividades, devem ser utilizados os seguintes materiais: 1 LED - 5mm (3.0 - 3.4V); 1 resistor - 120Ω; 1 suporte para 2 pilhas AA; 2 pilhas AA; 2 cliques - 8/0; 4 cliques - 1/0 ou 2/0; fita adesiva transparente; papel alumínio; E.V.A.; e molde impresso em papel A4 com gramatura igual ou superior a 170g.

Os objetivos e princípios básicos de funcionamento das atividades foram inspirados, em parte, nos recursos disponíveis no livro interativo “*Computer Engineering for Babies*” [HackLabs 2023]. Na proposta apresentada, as tecnologias utilizadas no livro interativo [HackLabs 2023] foram adaptadas para o contexto de atividades com circuitos de papel, com o objetivo de possibilitar sua reprodução em ambientes educacionais com poucos recursos financeiros. Nesse sentido, a maior parte dos materiais empregados pode ser facilmente encontrada em escolas, residências e/ou sucatas eletrônicas.

3.4.2. Computação Física

Como alternativas às atividades desplugadas com Circuitos de Papel, foram elaboradas duas versões utilizando o conceito de Computação Física, mediadas pelo microcontrolador Arduino e pelo ambiente de programação em blocos PictoBlox. Nesse caso, os indivíduos precisam construir um circuito eletrônico e elaborar algoritmos para seu funcionamento por meio de uma linguagem de programação visual.

De maneira geral, as atividades possuem os seguintes objetivos: **Operador And** – Elaborar um sistema de Computação Física para ligar e/ou desligar um LED por meio do acionamento concomitante de dois *pushbuttons*; **Operador Or** – Elaborar um sistema de Computação Física para ligar e/ou desligar um LED por meio do acionamento independente de um dos dois *pushbuttons*. A Figura 1b apresenta uma visão geral das partes que compõem o sistema de CF de ambas as atividades, considerando as orientações sugeridas por O’Sullivan e Igoe (2004) (Seção 2.3).

Um arquivo contendo uma imagem da prototipagem do circuito eletrônico das atividades de CF, elaborado por meio do *software* Fritzing, pode ser visualizado neste link: <https://tinyurl.com/yuse7kur>. As duas atividades compartilham o mesmo circuito eletrônico e, para construí-lo, devem ser utilizados os seguintes materiais: 1 Arduino Uno; 1 *proto board* (400 pontos); 2 *pushbuttons* 6x6x5mm; 1 LED 5mm (3.0 - 3.4V); 2 resistores 10k Ω ; 1 resistor 120 Ω ; 10 *jumper*s macho x macho; computador com PictoBlox instalado.

Os objetivos e princípios básicos de funcionamento das atividades foram inspirados, em parte, nas atividades “Programando um LED e um *PushButton*” disponíveis no livro “Computação Física: programando sensores e componentes com Arduino e PictoBlox” [Costa-Junior et al. 2023]. Contudo, foram elaborados algoritmos específicos para o contexto de validação das duas atividades apresentadas neste artigo – link dos algoritmos: <https://tinyurl.com/yuse7kur>. De maneira geral, em ambos os casos são utilizados os seguintes blocos: Evento – quando bandeira verde for clicada; Controle – sempre e SE_então_SENÃO; Arduino – ler pino digital e definir pino digital __ saída como alto/baixo; Além dos blocos de Operadores - E e OU (um em cada atividade).

4. Validação

Nesta seção são apresentados o contexto da validação, as considerações éticas, os instrumentos de coleta de dados, os procedimentos metodológicos e os resultados obtidos no processo de validação das atividades.

4.1. Do Contexto

As atividades apresentadas neste artigo foram executadas e avaliadas por 5 acadêmicos (3 homens e 2 mulheres) do curso de licenciatura em Computação da Universidade do Estado do Amazonas (EST/UEA). No período em que esses indivíduos participaram desse processo, a idade deles variava entre 22 e 24 anos, com uma idade média de 23,6 anos.

Eles foram convidados por já terem cursado, prioritariamente, as disciplinas de: introdução à programação; matemática discreta; didática para o ensino da Computação e tópicos avançados em informática na educação. No caso específico desta última disciplina, é importante salientar que a maioria (4 acadêmicos) havia tido uma experiência com Arduino e PictoBlox quando cursaram este componente curricular. Todos os participantes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), concordando com a coleta e análise anônima dos dados.

4.2. Os Instrumentos de Coleta de Dados

De maneira geral, no processo de avaliação foi utilizado um questionário semiestruturado (Google Formulário), contendo um conjunto de 19 perguntas abertas e fechadas (<https://tinyurl.com/4h8bxcpb>). O objetivo principal era coletar dados sobre a percepção dos avaliadores em relação aos objetivos e a algumas características das atividades sobre os operadores *AND* e *OR*.

Sobre a estrutura e o formato das respostas, 14 perguntas eram de múltipla escolha (P1, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P12, P13, P14, P15 e P17). Dessas, 10 foram reguladas com alternativas de 5 pontos em uma escala *Likert* (P6, P7, P8, P9, P10, P12, P13, P14, P15 e P17). As demais perguntas (P2, P11, P16, P18, P19) requeriam que os avaliadores apresentassem uma resposta de maneira discursiva. Uma parte dos dados coletados nesse instrumento são apresentados na Seção 4.4.

4.3. As Etapas

De maneira geral, o processo de avaliação das atividades foi conduzido em quatro etapas: 1) leitura das orientações para execução das atividades; 2) construção das atividades de Circuitos de Papel; 3) execução das atividades de Computação Física; e 4) aplicação do questionário de avaliação das atividades. Essas etapas foram realizadas em uma sala de estudos dentro das dependências da biblioteca da instituição de ensino.

4.3.1. 1ª Etapa - Orientações iniciais

De maneira geral, esta etapa tinha como objetivo principal realizar uma explicação sobre os procedimentos de validação, bem como sobre os objetivos das atividades envolvidas no processo. Essa atividade foi realizada durante 15 minutos.

4.3.2. 2ª Etapa - Construção das atividades de Circuitos de Papel

Esta etapa tinha como objetivo principal realizar as práticas de construção das duas atividades de circuito de papel (Seção 3.4.1). Para isso, foram disponibilizados todos os materiais de papelaria, bem como os moldes, um protótipo exemplo e os tutoriais necessários para o desenvolvimento de cada uma das atividades. Para cada uma delas, foi concedido um tempo de 50 minutos. Contudo, após adquirirem maior familiaridade com os recursos e as estratégias na primeira atividade, os avaliadores conseguiram executar a segunda atividade em até 25 minutos. A Figura 2 apresenta o registro de alguns momentos do processo de construção e testes das atividades de Circuitos de Papel.



Figura 2. Avaliadores executando as atividades com circuitos de papel.

4.3.3. 3ª Etapa - Execução das atividades de Computação Física

O principal objetivo desta etapa era permitir que os avaliadores executassem e testassem as propostas de atividades com Computação Física (Seção 3.4.2). No contexto desse processo de validação, considerou-se que os avaliadores precisariam apenas executar as atividades, uma vez que a maioria deles já possuía familiaridade com os conceitos e tecnologias envolvidos. Ou seja, eles receberam os circuitos físicos (Arduino e componentes) e algoritmos prontos (PictoBlox) apenas para executar as atividades, com o intuito de visualizar a aplicação prática dos operadores *And* e *Or*. Os avaliadores utilizaram seus

computadores pessoais para executar essas atividades. Para esta etapa, foi disponibilizado o tempo de 10 minutos para a execução de cada uma das atividades. A Figura 3 apresenta os avaliadores executando as propostas de atividades com Computação Física.

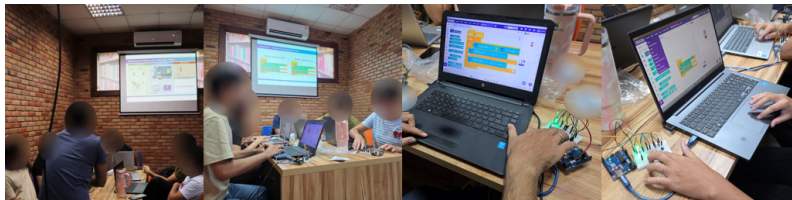


Figura 3. Avaliadores executando as atividades com CF na terceira etapa.

4.3.4. 4ª Etapa - Avaliação das atividades

Por fim, esta etapa tinha como principal objetivo coletar dados sobre a percepção dos avaliadores em relação ao objetivo, às dificuldades encontradas e à associação das atividades com as habilidades sobre os operadores lógicos sugeridas no eixo PC da BNCC Computação (Figura 4). Para essa etapa, foi disponibilizado um tempo de 30 minutos. Uma descrição mais detalhada e a lista completa de perguntas do instrumento podem ser observadas na Seção 4.2. Os resultados coletados são apresentados na seção 4.4.

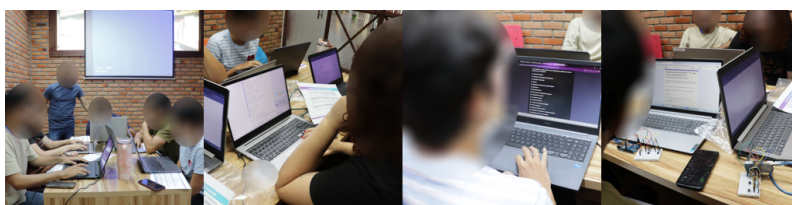


Figura 4. Avaliadores respondendo o questionário de avaliação das atividades.

4.4. Dos Resultados

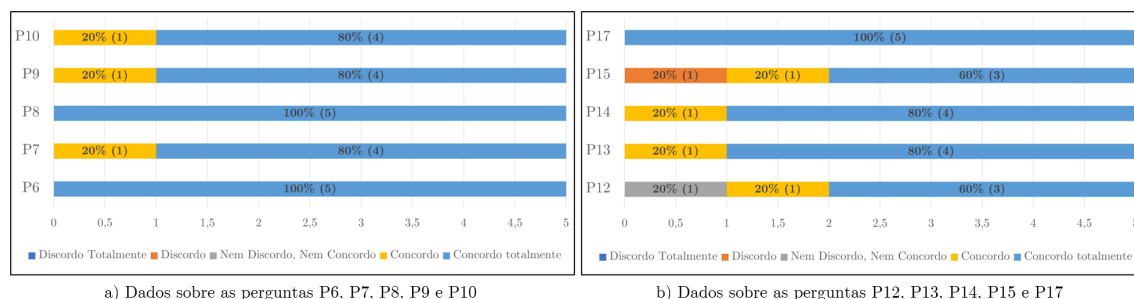


Figura 5. Gráficos com os dados das perguntas do questionário de avaliação.

Por questões de limitação de espaço, são apresentados a seguir os dados coletados prioritariamente para avaliar as principais características das atividades validadas pelos avaliadores. Nesse sentido, a Figura 5 apresenta uma síntese dos resultados encontrados nas perguntas P6, P7, P8, P9, P10, P12, P13, P14, P15 e P17 do questionário.

4.4.1. Sobre as atividades de Circuitos de Papel

Inicialmente, os avaliadores foram questionados se eles acreditavam que atividades do tipo circuitos de papel poderiam ser uma alternativa viável de recurso didático-tecnológico para colocar em prática as habilidades do PC previstas na BNCC Computação (P6). 100% dos avaliadores concordaram totalmente com essa afirmação (Figura 5a). Nesse mesmo contexto, foi questionado aos avaliadores se esse tipo de atividade também poderia se constituir como exemplos práticos de recursos acessíveis e/ou de baixo custo para contextos educacionais com poucos recursos tecnológicos disponíveis para a prática do Pensamento Computacional prevista na BNCC Computação (P7). 80% concordaram totalmente e 20% apenas concordaram (Figura 5a).

Na sequência, foi indagado aos avaliadores se acreditavam que as atividades de Circuitos de Papel que haviam desenvolvido poderiam se constituir um exemplo concreto para visualizar e experimentar, na prática, os conceitos de operadores lógicos *AND* (E) e *OR* (OU) (P8). 100% dos avaliadores concordaram totalmente com essa afirmação (Figura 5a). Além desses conceitos, eles foram questionados se essas atividades também poderiam auxiliar na aprendizagem de outros conceitos e habilidades de diferentes áreas do conhecimento, para além do PC e da Computação (P9). 80% concordaram totalmente e 20% apenas concordaram (Figura 5a).

Em seguida, foi perguntado aos avaliadores se acreditavam que as atividades de Circuitos de Papel, validadas por eles, poderiam ser utilizadas para auxiliar no desenvolvimento das habilidades EI03CO06, EF03CO01 e EF05CO03 [Brasil 2022a] do eixo Pensamento Computacional da BNCC Computação (P10). 80% concordaram totalmente e 20% apenas concordaram (Figura 5a).

Ainda em relação às atividades de Circuitos de Papel, foi questionado aos avaliadores quais dificuldades e/ou desafios acreditavam que poderiam enfrentar para replicar ou reproduzir as atividades em outros tempos e espaços educativos (P11). Em síntese eles disseram: “*não encontraria dificuldades em replicar, possuindo os recursos e ferramentas*”(avaliador A); “*não observei muita dificuldade para se replicar, pois os materiais na minha concepção são considerados de baixo custo*”(avaliador B); “*tendo em vista a simplicidade da realização da atividade acredito que não teria dificuldade de replicar*”(avaliador C); “*o processo de ensino e a compreensão dos operadores lógicos [...]*”(avaliador D); “*não vejo nenhuma dificuldade ou desafio na realização das atividades, pois os materiais utilizados são de fácil acesso e compra*”(avaliador E).

4.4.2. Sobre as atividades de Computação Física

Na pergunta seguinte (P12), os avaliadores foram questionados se acreditavam que atividades envolvendo Computação Física com Arduino e PictoBlox poderiam ser uma alternativa viável de recurso didático-tecnológico para colocar em prática as habilidades do PC da BNCC Computação. 60% concordaram totalmente, 20% apenas concordaram e 20% não discordaram nem concordaram (Figura 5b).

Na sequência, foi perguntado aos avaliadores se as atividades de Computação Física que haviam executado poderiam se constituir exemplos concretos para visualizar e experimentar, na prática, os conceitos de operadores lógicos *E* e *OU* (P13). 80% concordaram totalmente e 20% apenas concordaram (Figura 5b). Eles também foram indagados se, além dos conceitos de operadores lógicos, as atividades com CF poderiam auxiliar na aprendizagem de outros conceitos e habilidades de outras áreas do conhecimento, além

do PC e da Computação (P14). 80% concordaram totalmente e 20% apenas concordaram (Figura 5b).

Na pergunta 15 (P15), eles foram questionados se as atividades de CF poderiam ser utilizadas para auxiliar no desenvolvimento das habilidades EI03CO06, EF03CO01 e EF05CO03 [Brasil 2022a] do eixo de PC da BNCC Computação. Destes, 60% concordaram totalmente, 20% apenas concordaram e 20% discordaram (Figura 5b).

Ainda em relação às atividades de Computação Física (CF), foi questionado aos avaliadores quais dificuldades e/ou desafios acreditavam que poderiam enfrentar para replicar ou reproduzir as atividades em outros tempos e espaços educativos (P11). Em síntese eles disseram: *“limitação em relação aos recursos disponíveis para essa aplicação [...] problemas relacionados a infraestrutura e falta de materiais”* (avaliador A); *“a dificuldade [...] materiais e recursos pra realizá-la”* (avaliador B); *“dificuldade da obtenção dos materiais, [...] PCs, Arduinos e componentes que são difíceis de se encontrar em alguns espaços educativos”* (avaliador C); *“o conhecimento básico na plataforma Picto-Blox, e em programação em blocos, juntamente com a falta de domínio com o uso de Arduino, visto que não fiz uso dele muitas vezes”* (avaliador D); *“[...] os materiais utilizados na construção e aplicação, como Arduino, sensores, LEDs e computadores, em muitos ambientes educacionais não estão presentes”* (avaliador E).

Por fim, foi perguntado a eles se, de maneira geral, considerando as atividades de Circuitos de Papel e de Computação Física, acreditavam que elas lhes permitiram visualizar, na prática, exemplos concretos de recursos plugados e desplugados para auxiliar no desenvolvimento das habilidades do PC da BNCC Computação (P17). 100% dos avaliadores concordaram totalmente com essa afirmação (Figura 5b).

5. Considerações Finais

De maneira geral, os resultados encontrados sugerem que as atividades de Circuitos de Papel e de Computação Física podem se constituir como exemplos práticos acessíveis e de baixo custo para auxiliar no desenvolvimento de habilidades sobre os conceitos de operadores lógicos *And* e *Or* do eixo PC (PC) da BNCC Computação. Além disso, considera-se que as atividades podem contribuir para ampliar a disponibilidade de materiais didáticos, tendo em vista a carência desse tipo de recurso.

Nesse contexto, as propostas de atividades podem se constituir como recursos passíveis de utilização ou adaptação em ambientes educacionais com diferentes realidades socioeconômicas. Isso se deve ao fato de que elas exemplificam maneiras distintas de execução, contemplando tanto recursos mais sofisticados quanto versões acessíveis, facilmente encontradas na maioria das escolas.

Embora tenham sido validadas inicialmente com acadêmicos de Licenciatura em Computação e não com o público-alvo das habilidades da BNCC Computação, essa etapa foi considerada importante, uma vez que os acadêmicos são os mais qualificados para avaliar a aderência dos conceitos nas atividades e para identificar possíveis inconsistências nos objetivos e orientações de cada uma delas.

Como trabalhos futuros, espera-se utilizar as aprendizagens vivenciadas durante a primeira validação para aperfeiçoar as atividades, antes de realizar uma validação em um contexto real de sala de aula, com o público-alvo das habilidades sobre os operadores lógicos da BNCC Computação. Além disso, pretende-se realizar uma validação com acadêmicos de licenciatura de outras áreas (ex.: Física, Matemática etc.) e professores já graduados em outras áreas do conhecimento.

Referências

- BBC, L. (2015). Introduction to Computational Thinking. Disponível em: <https://bit.ly/42IqCJr>. Acesso em: 08 de mar. 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: 31 de mar. 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: 31 de mar. 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>. 08 de mar. 2025.
- Brasil (2018). Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Ministério da Educação. Disponível em: <https://tinyurl.com/ytakapk9>. Acesso em: 19 de mai. 2025.
- Brasil (2022a). Normas sobre Computação na Educação Básica – BNCC Computação. Disponível em: <https://tinyurl.com/388jfb2m>. Acesso em: 08 de mai. 2025.
- Brasil (2022b). Parecer CNE/CEB Nº: 2/2022. Disponível em: <https://tinyurl.com/yjbkztv5>. Acesso em: 19 de mai. 2025.
- Brasil (2023). Política Nacional de Educação Digital (PNED). Disponível em: <https://tinyurl.com/48j7f57h>. Acesso em: 19 de mai. 2025.
- Brasil (2024). Microdados do Censo Escolar da Educação Básica 2023. Disponível em: <https://tinyurl.com/mrx88vbm>. Acesso em: 06 de mai. 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: 07 de jun. 2025.
- Cecconello, A. C. S., Caruso, R. M., de Bona, A. S., and Kologeski, A. L. (2024). Atividades desplugadas na escola: a importância de levar o pensamento computacional de maneira concreta para a educação básica. In *Workshop de Informática na Escola (WIE)*, pages 394–404. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/h7wjku3t>. Acesso em: 07 de jun. 2025.
- 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: 07 de jun. 2025.
- Chibitronics (2022). Paper Circuits: Steam Educator’s Guide. Disponível em: <https://tinyurl.com/3m7pb2rd>. Acesso em: 06 de jun. 2025.
- Code.Org (2016). Computational Thinking. Disponível em: <https://bit.ly/3J00QJo>. Acesso em: 08 de mar. 2025.

- Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., and Stein, C. (2022). *Introduction to algorithms*. MIT Press, 4th edition.
- 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: 19 de mar. 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/yyx xp8hd>. Acesso em: 31 de mar. 2025.
- Costa-Junior, A. d. O. and Anglada-Rivera, J. (2023). Pensamiento computacional: Reflexiones sobre la formación inicial docente en brasil. In AmexComp, editor, *Pensamiento Computacional en Iberoamérica*. Academia Mexicana de Computación. Disponível em: <https://tinyurl.com/4aj7z3e4>. Acesso em: 07 de mar. 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: 07 de mar. 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: 07 jun. 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 mar. 2025.
- 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/dzbn82ea>. Acesso em: 31 de mar. 2025.
- Costa-Junior, A. d. O., Guedes, A. d. J., Souza, G. G., and Anglada-Rivera, J. (2023). *Computação Física: Programando sensores e componentes com Arduino e PictoBlox*, volume 1. Ed. dos autores, Manaus – AM, 1 edition. E-book. Disponível em: www.computacaofisica.com.br. Acesso em: 28 de mai. 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 mar. 2025.
- Culkin, J. and Hagan, E. (2019). *Aprenda eletrônica com Arduino: Um guia ilustrado de eletrônica para iniciantes*. Novatec Editora. Disponível em: <https://tinyurl.com/ycxa6xks>. Acesso em: 07 de jun. 2025.

- 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: 07 de jun. 2025.
- da Silva, I. S. F., 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: 07 de jun. 2025.
- de Oliveira Gomes, R. M., de Medeiros, E. A., and Santos, J. M. C. T. (2024). A política dos laboratórios de informática em escolas públicas: o proinfo em interpretações docentes. *Revista Pesquisa Qualitativa*, 12(31):168–189. Disponível em: <https://tinyurl.com/3hx2vexy>. Acesso em: 31 de mar. 2025.
- Downey, A. B. (2024). *Think Python – How to Think Like a Computer Scientist*. O’Reilly Media, 3rd edition.
- Eguchi, C. S. Y., Mendes, D. V., and de Bastos Vieira, R. M. (2020). Circuito de papel: ensino por investigação no espaço formal e não formal de ensino. *Revista do EDICC-ISSN 2317-3815*, 6. Disponível em: <https://tinyurl.com/yz7tnxkj>. Acesso em: 07 de jun. 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: 31 de mar. 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 mar. 2025.
- França, R. and Tedesco, P. (2019). Sertão. bit: Um livro-jogo de difusão do pensamento computacional. In *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, pages 278–287. Disponível em: <https://tinyurl.com/2s7c79yb>. Acesso em: 7 de jun. 2025.
- Freire, R. R. B., Da Silva, E. V., De Souza, R. A. L., and Vieira, S. C. (2021). A realidade dos laboratórios de informática nas escolas públicas de maués: um estudo de caso. *Brazilian Journal of Development*, 7(1):3847–3858. Disponível em: <https://tinyurl.com/4dx8r67h>. Acesso em: 31 de mar. 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: 31 de mar. 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: 31 de mar. 2025.
- HackLabs (2023). Computer Engineering for Babies. Disponível em: <https://tinyurl.com/hf3e3cyx>. Acesso em: 29 de mai. 2025.
- Hamidi, A., Mirjamdotter, A., and Milrad, M. (2023). A complementary view to computational thinking and its interplay with systems thinking. *Education Sciences*, 13(2):201. Disponível em: <https://tinyurl.com/4vhwd238>. Acesso em: 07 de jun. 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 mar. 2025.
- Lee, V. R. and Recker, M. (2018). Paper circuits: A tangible, low threshold, low cost entry to computational thinking. *TechTrends*, 62(2):197–203. Disponível em: <https://tinyurl.com/269p5vbu>. Acesso em: 07 de jun. 2025.
- Li, Q., Jiang, Q., Liang, J.-C., Xiong, W., Liang, Y., and Zhao, W. (2023). Effects of interactive unplugged programming activities on computational thinking skills and student engagement in elementary education. *Education and Information Technologies*, 28(9):12293–12318. Disponível em: <https://tinyurl.com/322wuaru>. Acesso em: 31 de mar. 2025.
- Liukas, L. (2015). *Hello Ruby: adventures in coding*, volume 1. Macmillan.
- Matsubara, R., Cecconello, A. C., Costa, J. A., de Bona, A., 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: 07 de mar. 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 mar. 2025.
- O’Sullivan, D. and Igoe, T. (2004). *Physical computing: sensing and controlling the physical world with computers*. Course Technology Press.
- Peppler, K. A., Sedas, R. M., and Thompson, N. (2023). Paper circuits vs. breadboards: materializing learners’ powerful ideas around circuitry and layout design. *Journal of Science Education and Technology*, 32(4):469–492. Disponível em: <https://tinyurl.com/2xd8phwv>. Acesso em: 07 de jun. 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 mar. 2025.
- Qi, J. (2012). *The fine art of electronics: paper-based circuits for creative expression*. PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology. Disponível em: <https://tinyurl.com/yc28v9p6>. Acesso em: 07 de jun. 2025.
- 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: 07 de jun. 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: 07 de jun. 2025.
- SBC (2025). Grandes Desafios da Educação em Computação 2025-2035: Resumo Executivo. Disponível em: <https://tinyurl.com/bds324cy>. Acesso em: 29 de mar. 2025.
- Sebesta, R. W. (2019). *Concepts of programming languages*. Pearson, 12th edition.
- Silva, I., França, R., and Pontual Falcão, T. (2021). Recursos para o desenvolvimento do pensamento computacional: da identificação à avaliação. *Revista Tecnologias na Educação*, 13(35). Disponível em: <https://tinyurl.com/bc6kmyd9>. Acesso em: 31 de mar. 2025.
- Sommer, E., Petri, G., de Lourdes Pertile, S., and Maran, V. (2025). Explorando tecnologias para fomentar habilidades do pensamento computacional na educação básica: Uma revisão sistemática. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 11(3):1253–1269. Disponível em: <https://tinyurl.com/2p2uebe3>. Acesso: 07 de jun. 2025.
- Teixeira, L. V. d. C. and de Souza, M. A. V. F. (2024). Ensino de operadores lógicos em cursos técnicos em informática: uma revisão sistemática de literatura. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, 17(3):e4640. Disponível em: <https://tinyurl.com/bdcuxhw7>. Acesso em: 07 de jun. 2025.
- Wells, A. (2025). Paper circuits: The future of electronics? Disponível em: <https://tinyurl.com/3uux9n2j>. Acesso em: 6 jun. 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: 07 de jun. 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/ycxa6xks>. Acesso em: 07 de jun. 2025.
- Zulkarnain, A. N., Prima, E. C., Winarno, N., and Wahono, B. (2024). Paper circuit project-based steam learning to enhance student understanding and creativity. *Journal of Science Learning*, 7(1):1–16. Disponível em: <https://tinyurl.com/3nj487ev>. Acesso em: 07 de jun. 2025.