

Uso de Computação Física para desenvolvimento de Pensamento Computacional: um estudo de caso

Maria Lucia Pascarelli de Freitas¹, Fernanda Pires¹, Marcela Pessoa¹

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

{mlpdf.lic19, fpires, mspessoa}@uea.edu.br

Abstract. *The development of Computational Thinking in Basic Education and the challenges related to implementing methodologies that integrate technology and the school curriculum have been widely discussed in the literature. This article presents a case study on the application of a didactic sequence involving Physical Computing, aimed at 8th-grade students in a public school. The proposal used Arduino and PictoBlox to develop skills in logic, abstraction, and problem-solving within an interdisciplinary context between Computing and Science. The intervention was structured in an action-research format, and the impact of the proposal was assessed through systematic observations and the application of pre- and post-tests. The results indicate that the use of Physical Computing can help reduce the complexity of abstract concepts in programming.*

Resumo. *O desenvolvimento do Pensamento Computacional na Educação Básica e os desafios relacionados à implementação de metodologias que integrem tecnologia e currículo escolar têm sido amplamente discutidos na literatura. Este artigo apresenta um estudo de caso sobre a aplicação de uma sequência didática com Computação Física, voltada para Estudantes do 8º ano do Ensino Fundamental em uma escola pública. A proposta utilizou Arduino e PictoBlox para desenvolver habilidades de lógica, abstração e resolução de problemas em um contexto interdisciplinar entre computação e ciências. A intervenção foi estruturada em formato investigação-ação e foi avaliado o impacto da proposta por meio de observações sistemáticas e da aplicação pré e pós-teste. Os resultados apontam que o uso de Computação Física pode auxiliar na redução da complexidade de conceitos abstratos em programação.*

1. Introdução

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), desde 2018, reconhece o Pensamento Computacional (PC) como uma habilidade fundamental [Brasil 2018]. O tema tem sido amplamente discutido, especialmente em um contexto em que a tecnologia digital está cada vez mais presente no cotidiano escolar e social [Pereira 2022]. Nesse cenário, o PC se apresenta como uma habilidade que precisa ser desenvolvida desde os primeiros anos de vida; isso implica que a escola deve ser capaz de prover um ambiente propício a tal feito, contribuindo para que os estudantes compreendam, organizem e decomponham problemas, com vistas à construção de soluções eficientes [Wing 2006].

No âmbito educacional, as tecnologias digitais têm desempenhado um papel fundamental na construção do conhecimento, potencializando processos de comunicação,

criatividade e aprendizagem significativa [Tomazini Neto et al. 2025]. Nesse contexto, a proposta pedagógica de aprendizagem em computação deve ir além da teoria, incorporando abordagens práticas e interdisciplinares. A aprendizagem em computação é um processo complexo, parte disso se deve ao alto nível de abstração necessário para modelar problemas do mundo real em “linguagem de máquina” [Alexandron et al. 2014].

Uma possibilidade para reduzir a abstração do tema é o uso de estratégias como Computação Física, que é um ambiente de aprendizagem em que se empregam recursos da Ciência da Computação para resolver problemas práticos a partir da interação entre o mundo real e o virtual [Flores et al. 2024, Bentes et al. 2024, Freitas et al. 2024]. Promovendo o engajamento, estimulando a criatividade e facilitando a resolução de problemas por meio de projetos [Guedes et al. 2025]. Nesse contexto, essa pesquisa apresenta uma proposta didático-metodológica cujo objetivo é promover o desenvolvimento do Pensamento Computacional através de atividades práticas, de forma interdisciplinar, envolvendo aprendizagem em programação, educação ambiental através de robótica educacional, no âmbito da Computação Física.

O artigo apresenta uma pesquisa em formato de estudo de caso, com análise quali-quantitativa a partir da intervenção pedagógica realizada em uma escola pública de Manaus - AM, com estudantes do Ensino Fundamental II, com o objetivo de promover o desenvolvimento do Pensamento Computacional através de estratégias de Computação Física. O artigo está organizado como segue: a Seção 2 trata do referencial teórico com trabalhos relacionados, a Seção 3 apresenta a metodologia, a Seção 4 apresenta a intervenção escolar, a Seção 5 apresenta os resultados e discussão e por fim, na Seção 6 estão as considerações finais.

2. Referencial teórico e trabalhos relacionados

A primeira vez que o termo *Computational Thinking* foi mencionado, foi na obra *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas* de Seymour Papert, publicado em 1980 [Papert 1980]. Contudo, foi Jeannette Wing [2006] quem sistematizou o conceito, definindo-o como a capacidade de resolver problemas, projetar sistemas e compreender o comportamento humano a partir de princípios fundamentais da Ciência da Computação [Wing 2006]. Em 2017, Wing [2017] ampliou sua definição, destacando que o PC também envolve a formulação de problemas de forma que sua solução possa ser realizada de maneira computacional. Ampliando essa perspectiva, Brackmann [2017] organizou o PC em quatro pilares fundamentais: abstração, reconhecimento de padrões, decomposição e algoritmos. Em 2011, a *Computer Science Teachers Association* (CSTA) e a *International Society for Technology in Education* (ISTE) reforçaram a visão ao definir o PC como a capacidade de identificar os passos necessários para resolver um problema e aplicar essa habilidade em diferentes disciplinas. Além disso, destacaram a importância de formar estudantes que sejam não apenas consumidores de tecnologia, mas também criadores de ferramentas, desenvolvendo competências úteis também em suas vidas pessoais [CSTA-ISTE 2011].

Considerando as necessidades de promover o desenvolvimento de habilidades inatas, mas de complexa abstração nas quais se enquadra o PC, temos a Computação Física, que segundo O’Sullivan e Igoe [2004], promove uma interação entre o mundo físico e o digital. Essa abordagem possibilita a compreensão de conceitos abstratos da computação

por meio de experiências práticas e concretas [Zanetti et al. 2023]. Culkin e Hagan [2019] reforçam que a Computação Física envolve tanto a obtenção de informações do ambiente por meio de sensores quanto a capacidade de resposta com saídas físicas. Zanetti e Borges [2021] afirmam que a Computação Física pode mitigar dificuldades no aprendizado de programação, especialmente para iniciantes. Essa abordagem também permite que os estudantes desenvolvam uma compreensão básica sobre o processamento de dados capturados por sensores [Cavalcante and Santos 2021].

A integração entre hardware (como o Arduino) e software (como linguagens de programação visual) pode ser uma estratégia eficaz para a aprendizagem da lógica de programação e da eletrônica. Santos et al. [2024] destacam que essa combinação, especialmente em ambientes baseados em projetos, pode aumentar o engajamento dos estudantes e favorecer o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas; tais estratégias podem ser bem aceitas na educação básica, o que pode ser enriquecido por ações multidisciplinares. A abordagem prática e visual que surge da utilização de ferramentas como programação em blocos e Arduino facilita a compreensão de conceitos complexos, além de promover um ambiente colaborativo e motivador. Esse tipo de aprendizagem por projetos estimula a criação e o trabalho em equipe, essenciais para o desenvolvimento de competências do século XXI [Santos et al. 2024].

Essa pode ser uma área de pesquisa bastante fértil, por isso foram selecionados alguns trabalhos para que sejam relacionados a esta pesquisa. Dentre os trabalhos relevantes na área, destaca-se o de Mendes et al. [2021], que desenvolveram o projeto Maquete Ferroviária, utilizando robótica educacional com Arduino e a linguagem visual DuinoBlocks4Kids (DB4K) para promover o pensamento computacional em estudantes do ensino fundamental. A proposta envolveu a criação de sequências de ações para movimentar uma locomotiva, permitindo aos estudantes exercitar habilidades como abstração, raciocínio lógico e resolução de problemas em um contexto lúdico, evidenciando a eficácia da robótica educacional e da Computação Física para o desenvolvimento do PC.

Geraldes et al. [2023] implementaram o projeto Oficinas 4.0 com estudantes da rede pública de Luziânia-GO. A proposta integrou atividades de computação desplugada, programação em Scratch e prototipagem com Arduino, resultando em uma significativa assimilação de conceitos relacionados ao pensamento computacional. O estudo reforça a efetividade do uso de programação em blocos e de estratégias baseadas em Computação Física no ensino de PC. Por fim, Cardoso et al. [2024] relataram um curso de iniciação tecnológica realizado em escolas públicas de Goiás, utilizando Arduino e robótica como ferramentas para trabalhar os pilares do pensamento computacional. Além da aprendizagem de conceitos, o estudo evidenciou o aumento do interesse dos estudantes pela área de computação.

Esses trabalhos citados mostram que a abordagem prática, o uso de Computação Física e o ensino por projetos constituem estratégias eficazes para o desenvolvimento do pensamento computacional. No entanto, o projeto apresentado neste artigo se diferencia por abordar um problema real, o monitoramento do ar, e por estar diretamente alinhado às habilidades da BNCC, com foco na interdisciplinaridade entre computação e ciências.

3. Metodologia

Este estudo é apresentado na forma de um estudo de caso, cujas atividades em campo configuram-se como uma pesquisa-ação de caráter educacional. Tal abordagem envolve a participação ativa do pesquisador no ambiente escolar, permitindo a coleta de dados, a construção de soluções didáticas e a reflexão contínua sobre os efeitos da intervenção junto aos estudantes.

A intervenção foi realizada em uma escola pública de tempo integral na cidade de Manaus, AM. A instituição apresenta infraestrutura com tecnologia digital para ações de inovação educacional, incluindo Sala Maker, computadores, sensores e kits de prototipagem/robótica. No entanto, essa infraestrutura não comporta um grande número de estudantes de forma simultânea.

Participaram da intervenção dez estudantes do 8º ano do Ensino Fundamental, sendo seis meninos e quatro meninas. A restrição no número de participantes foi determinada pela limitação de equipamentos disponíveis, o que exigiu a adaptação do escopo da intervenção para garantir a qualidade no acompanhamento e na execução das atividades. No que se refere aos aspectos éticos, a realização da intervenção foi autorizada pela gestão escolar, e todas as atividades foram supervisionadas por professores. Os dados coletados foram utilizados exclusivamente para fins acadêmicos, assegurando o anonimato dos participantes.

As atividades foram realizadas ao longo de um período de 60 dias, correspondente a dois meses, com execução no âmbito da disciplina Estágio Supervisionado I do curso de Licenciatura em Computação da Universidade do Estado do Amazonas, totalizando uma carga horária de 210 horas a ser cumprida em um período letivo. A elaboração do projeto de intervenção é fundamentada na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), conforme apresentado na Tabela 1.

Habilidades Primárias - BNCC Computação
EF08CO01 - Construir soluções de problemas usando a técnica de recursão e automatizar tais soluções usando uma linguagem de programação;
EF08CO02 - Criar soluções de problemas para os quais seja adequado o uso de listas para descrever suas informações e automatizá-las usando uma linguagem de programação, empregando ou não a recursão como uma técnica de resolver o problema;
EF08CO04 - Descrição da Construir soluções computacionais de problemas de diferentes áreas do conhecimento, de forma individual e colaborativa, selecionando as estruturas de dados e técnicas adequadas, aperfeiçoando e articulando saberes escolares.

Tabela 1. Habilidades da BNCC Computação trabalhadas no projeto de intervenção.

Essas habilidades orientaram o planejamento da intervenção, assegurando que as atividades promovessem o desenvolvimento do PC.

4. A intervenção escolar

A intervenção foi estruturada em quatro etapas principais, conforme descrito a seguir e ilustrado na Figura 1.

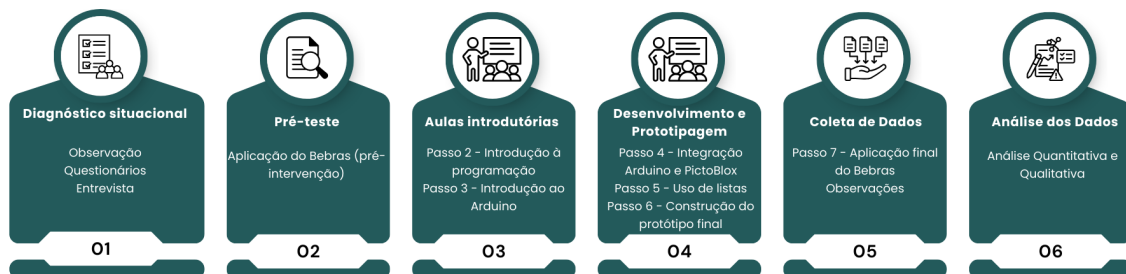


Figura 1. Fluxo da organização da intervenção.

A Figura 1 apresenta de maneira sintética as etapas que estruturaram a intervenção, desde o diagnóstico até a avaliação final.

4.1. Diagnóstico no cenário escolar

A definição da intervenção foi elaborada com base no diagnóstico realizado pela pesquisadora por meio da observação e do monitoramento das atividades escolares. Nesse processo, foram conduzidas observações em sala de aula, aplicados questionários aos professores e estudantes, além de uma entrevista com a diretora da escola. O diagnóstico destacou que, embora as ferramentas tecnológicas estejam disponíveis, seu uso pedagógico é pouco frequente. A maioria dos docentes relatou enfrentar dificuldades na integração das Tecnologias Digitais da Informação em suas práticas, destacando a falta de formação adequada, a escassez de tempo para planejamento e questões estruturais, como a instabilidade da conexão com a internet.

A partir das observações e discussões em sala de aula, constatou-se um amplo acesso individual à tecnologia, como celulares e internet em casa, mas um baixo uso de tecnologias digitais no ambiente escolar. A maioria dos discentes relatou nunca ter utilizado Arduino e PictoBlox. Quando questionados, manifestaram interesse em aprender mais sobre essas ferramentas digitais. Diálogos com professores e estudantes contribuíram para identificar um dos problemas de pesquisa a ser abordado nesse contexto: “Como desenvolver o pensamento computacional em estudantes do 8º ano a partir da criação de soluções computacionais para problemas reais, utilizando Computação Física com Arduino e PictoBlox?”.

Considerando a particularidade do tipo de conhecimento, foi elaborado um projeto de intervenção com foco no desenvolvimento de habilidades e competências em computação, que pudesse ter uma abordagem prática. Assim, definiu-se, em parceria com a escola, que seria proposto aos estudantes que construíssem um protótipo funcional que simula o monitoramento da qualidade do ar, integrando sensor de gás com lógica de programação em PictoBlox. A proposta visou promover o desenvolvimento do PC por meio de atividades práticas e interdisciplinares na área de ciências.

Foram definidos como passos a serem seguidos: i) realizar uma avaliação diagnóstica que funcionou como pré-teste para entender como os estudantes entendiam proposições lógicas; ii) uma sequência didática que envolvesse aprendizagem de

programação através do desenvolvimento de projeto prático; e iii) a realização do pós-teste para verificar os efeitos da aprendizagem em programação e raciocínio lógico.

4.2. Escolha e aplicação da sequência didática

Considerando: i) o interesse dos estudantes, ii) o que preconiza a BNCC de computação, e iii) a requisição dos professores da escola, se delineou um projeto de intervenção escolar para promover o desenvolvimento do Pensamento Computacional por meio de aprendizagem por projetos, usando Computação Física. Entre os objetivos específicos das ações propostas, destacam-se: compreender e aplicar conceitos de estruturas de repetição e listas no desenvolvimento de soluções computacionais; criar algoritmos em linguagem de programação por blocos (PictoBlox) que resolvam problemas de monitoramento ambiental; desenvolver um protótipo funcional com Arduino, integrando sensores e atuadores com lógica computacional; trabalhar de forma colaborativa na resolução de problemas, estimulando o pensamento computacional.

As atividades realizadas têm como propósito relacionar os saberes da computação com temas de outras áreas, como ciências; estimular habilidades de decomposição, abstração, reconhecimento de padrões e construção de algoritmos por meio da Computação Física. Nesse contexto, a sequência didática pedagógica tem como objetivo o uso de Arduino e PictoBlox como ferramentas para desenvolver essas competências, permitindo que os estudantes simulem e monitorem a emissão de gases. A partir de um problema, os estudantes são desafiados a programar sensores, usar listas para armazenar dados e criar algoritmos com repetição em tarefas computacionais.

A sequência didática foi organizada em oito aulas, com duração média de 60 minutos cada, com o objetivo de promover o desenvolvimento do Pensamento Computacional dos estudantes por meio da construção de um protótipo funcional com Arduino e PictoBlox que pudesse simular a avaliação da qualidade do ar. Abaixo, apresenta-se um resumo das etapas:

- **Passo 1 – Realização de pré-teste:** aplicação do desafio Bebras e atividade de decomposição do problema com *post-its*, estimulando habilidades de análise e planejamento. Foi aplicado o Bebras (pré-intervenção), uma iniciativa internacional que promove o PC por meio de desafios a estudantes. Para a aplicação, a avaliação foi replicada em um Google Forms, cada estudante recebeu o link e respondeu de acordo com seus conhecimentos. O objetivo da avaliação foi verificar o conhecimento prévio dos estudantes como os mesmos demonstravam o pensamento computacional através de suas avaliações antes da sequência didática prevista para a intervenção;
- **Passo 2 – Introdução à programação:** exploração da linguagem de programação por blocos (PictoBlox). Os alunos foram introduzidos aos conceitos fundamentais de programação, com foco nas estruturas de repetição e decisão, essenciais para a construção de algoritmos. Para a exposição da aula e demonstração dos conceitos, foi utilizado um projetor multimídia. Durante a aula, os alunos utilizaram, de forma individual, computadores para realizar exercícios práticos no PictoBlox;
- **Passo 3 – Introdução ao Arduino:** nesta aula, houve a apresentação do Arduino e de seus principais componentes. A aula teve explicações teóricas sobre o funcionamento do Arduino e demonstrações práticas de montagem básica, com ênfase

na relação entre a coleta de dados por sensores e as decisões computacionais que podem ser tomadas com base nesses dados. Ao final da aula, os estudantes apresentaram seu primeiro circuito funcional criado individualmente, cuja função era abrir e fechar circuito e com isso acender e apagar um LED, aplicando os conhecimentos adquiridos;

- **Passo 4 – Integração Arduino e PictoBlox:** nesta etapa, houve um aprofundamento na integração entre o hardware e o software, com foco específico na aula prática de leitura de dados de sensores. Os estudantes foram apresentados ao sensor de gás MQ-2 e aprenderam a realizar a montagem física e a programar no PictoBlox para ler e interpretar os dados do sensor. A aula envolveu o uso de componentes eletrônicos permitindo que os alunos visualizassem a interação entre o mundo físico e a programação;
- **Passo 5 – Uso de listas:** introdução ao conceito de listas no PictoBlox foi introduzido de forma mais teórica, abordando suas funcionalidade e importância para o armazenamento de dados. Apesar do foco teórico no conceito, os estudantes também prototiparam de forma ativa, aplicando o conhecimento de listas para coletar e armazenar dados lidos dos sensores, que já haviam visto no passo anterior. Esta aula apresentou um nível de dificuldade maior devido à abstração do conceito de listas, mas foi essencial para a compreensão da manipulação de dados em programação;
- **Passo 6 – Construção do protótipo final:** fase central do projeto, onde os alunos realizaram a montagem e programação do protótipo principal de monitoramento do ar, agora incorporando o sensor MQ-2 e um buzzer. Envolveu a integração de sensores, a programação de tomadas de decisão com base nos dados coletados e ativação de alertas visuais (LEDs) e sonoros (buzzer) para indicar condições específicas. Para testar o funcionamento, a pesquisadora utilizou uma folha de papel e isqueiro para gerar fumaça, simulando uma condição de alteração na qualidade do ar para acionar o sensor de gás;
- **Passo 7 – Aplicação final do Bebras:** reaplicação do desafio Bebras, com o objetivo de comparar os resultados com os dados coletados na passo 1 e avaliar o impacto da intervenção no desenvolvimento do PC dos estudantes. Apesar de ser o mesmo teste, as questões utilizadas têm o mesmo nível de complexidade, mas são diferentes das utilizadas no pré-teste.

A sequência foi desenvolvida com base em metodologias ativas e na aprendizagem baseada em projetos, favorecendo um ambiente colaborativo e investigativo. As habilidades da BNCC para o Ensino Fundamental (EF08CO01, EF08CO02 e EF08CO04), detalhadas na Tabela 1.

5. Resultados e discussão

Esta seção apresenta os resultados obtidos durante a intervenção escolar. Foram consideradas como fontes de dados: a observação participante realizada pela tutora, os dados qualitativos e quantitativos advindos das avaliações e os artefatos dos estudantes. A discussão está organizada em dois eixos: desempenho dos estudantes e aspectos qualitativos relacionados ao processo de ensino-aprendizagem.

Durante a pesquisa, houve a coleta sistemática dos dados necessários para a avaliação do impacto da intervenção. Os instrumentos utilizados foram: *i) Desafios Be-*

bras: os resultados das questões objetivas dos desafios Bebras foram tratados por meio de estatística descritiva simples, com uso de frequências, médias e análise comparativa entre pré e pós-intervenção, buscando indícios de avanços conceituais. **ii) Observação participante:** as observações registradas no diário de campo foram analisadas com base na técnica de Análise de Conteúdo, conforme proposta por Bardin [Bardin 1977]. O método permitiu identificar categorias emergentes relacionadas ao desenvolvimento do PC, ao uso das tecnologias e às percepções dos estudantes durante o processo; e **iii)** os artefatos criados pelos estudantes usando computação física.

Para avaliar o impacto da intervenção no desenvolvimento do Pensamento Computacional, foram aplicados dois desafios Bebras: um antes e outro após a sequência didática. A Tabela 2 apresenta a comparação entre os percentuais de acertos dos estudantes nas duas aplicações. A média da turma aumentou de 41,67% no pré-teste para 65,33% no pós-teste, representando um ganho de aproximadamente 23,66 pontos percentuais. Cinco estudantes superaram a marca de 70% de acertos na segunda aplicação, e sete obtiveram resultados superiores a 60%. Esses dados indicam uma evolução substancial na compreensão dos conceitos abordados ao longo da sequência didática. A análise detalhada de cada aplicação do desafio Bebras foi realizada no Google Colab e pode ser acessada nos seguintes links: Resultados do Bebras pré-intervenção e Resultados do Bebras pós-intervenção.

Foi aplicado o teste t-Student, ou teste t pareado (paramétrico), os resultados $t = 2,88$ e o valor de $p: 0,018$ indicam que há evidência estatística significativa de que o desempenho melhorou após a intervenção ($p < 0,05$). A melhoria coletiva indica que a sequência didática contribuiu para o fortalecimento de competências ligadas ao raciocínio lógico, análise de padrões e formulação de soluções computacionais, confirmando os benefícios da Computação Física no desenvolvimento do PC.

Aluno	Pré-Intervenção	Pós-Intervenção	Diferença (Pós - Pré)
Aluno 1	25.00%	40.00%	15.00%
Aluno 2	66.67%	33.33%	-33.34%
Aluno 3	25.00%	26.67%	1.67%
Aluno 4	33.33%	66.67%	33.34%
Aluno 5	33.33%	66.67%	33.34%
Aluno 6	33.33%	80.00%	46.67%
Aluno 7	58.33%	80.00%	21.67%
Aluno 8	25.00%	73.33%	48.33%
Aluno 9	33.33%	86.67%	53.34%
Aluno 10	83.33%	100.00%	16.67%

Tabela 2. Comparativo de Desempenho dos estudantes no Pré e Pós-Intervenção.

O diário de campo e as observações possibilitaram a identificação de aspectos relevantes na evolução dos estudantes. Para melhor organizar as impressões, as mesmas foram organizadas nas seguintes categorias:

Engajamento e interesse: desde a segunda aula, ao trabalhar com PictoBlox, os estudantes demonstraram entusiasmo com a programação em blocos. A familiaridade de

alguns com o Scratch facilitou o processo. Na aula de prototipagem com LEDs (Passo 4), mesmo diante das dificuldades, foi notável o envolvimento ativo dos estudantes. Nenhum dos estudantes que iniciou as atividades desistiu ou agiu de forma desinteressada.

Superação de dificuldades técnicas: no Passo 4, todos os estudantes enfrentaram barreiras com a montagem do protótipo. Entretanto, nas aulas seguintes, especialmente no Passo 6, foi observada maior autonomia, com alguns estudantes auxiliando colegas, o que evidencia aprendizado técnico e colaborativo. Os colegas que terminavam as suas atividades antes assumiram a posição de tutores da turma de forma natural. Os colegas demonstraram confiança no suporte prestado, pois observavam que as atividades dos colegas haviam sido finalizadas com sucesso. Nenhum estudante se mostrou tímido ou demonstrou receio em realizar perguntas.

Desenvolvimento do trabalho colaborativo: a proposta da sequência estimulou o trabalho em equipe. A apresentação dos protótipos (Passo 7) foi um momento de troca de ideias, justificativas e explicações entre os colegas, demonstrando apropriação dos conteúdos e argumentação técnica. Assim como as atividades descritas anteriormente, a professora não precisou pedir que os estudantes colaborassem entre si; isso foi realizado naturalmente.

Compreensão conceitual: a compreensão das estruturas de repetição, listas e funcionamento de sensores foi evidenciada tanto nas programações individuais, quanto na construção do protótipo. Os estudantes que demonstraram dificuldades nas primeiras aulas conseguiram avançar com suporte e prática progressiva.

Na Figura 2 é possível visualizar os estudantes durante as etapas práticas de montagem de protótipos, nos passos 4 e 6.



(a) Atividade de prototipagem com LEDs — Passo 4.



(b) Montagem final dos protótipos — Passo 6.

Figura 2. Estudantes participando das oficinas práticas do projeto de intervenção.

Os resultados obtidos indicam que a abordagem adotada — Computação Física com Arduino e PictoBlox — foi eficaz para promover o PC. A evolução nos resultados do Bebras mostra avanços concretos nas competências dos estudantes, especialmente entre aqueles que inicialmente demonstravam baixo desempenho. As observações qualitativas reforçam a ideia de que atividades práticas, contextualizadas e interdisciplinares

favorecem a aprendizagem significativa. A proposta mostrou-se adequada ao perfil da turma, promovendo autonomia, criatividade e resolução de problemas, como defendido por Wing [2006] e Brackmann [2017]. Por fim, os desafios encontrados, como a limitação de recursos e a necessidade de apoio técnico na prototipagem, são comuns em contextos escolares, mas foram superados com organização, apoio entre pares e tutoria ativa.

Entre as limitações encontradas, pode-se destacar a limitação dos materiais, que restringiu o número de participantes e exigiu adaptações na organização das atividades. Também, as dificuldades iniciais dos estudantes com a prototipagem e com alguns conceitos técnicos demandaram suporte constante do professor, especialmente nas primeiras práticas.

6. Considerações Finais

Este artigo apresentou um estudo de caso, fruto da experiência em uma escola pública de tempo integral em Manaus, envolvendo o desenvolvimento do Pensamento Computacional por meio da Computação Física, utilizando Arduino e PictoBlox como ferramentas centrais de uma sequência didática aplicada a estudantes do 8º ano do Ensino Fundamental.

Os resultados quantitativos, obtidos a partir da análise comparativa do desafio Bebras, demonstraram diferenças no desempenho dos estudantes, com aumento médio de 23,66 pontos percentuais nos acertos após a intervenção. Por outro lado, uma possível ameaça à validade é o fato de os alunos terem utilizado o mesmo teste, com questões diferentes, mas é possível que tenham identificado o estilo de questões, o que pode ter influenciado positivamente as notas.

Entretanto, corroborando com a melhoria nas notas, reflexo da intervenção, as observações qualitativas evidenciaram maior engajamento, colaboração, autonomia e compreensão conceitual por parte dos estudantes ao longo das atividades. A proposta mostrou ter potencial para integrar conhecimentos computacionais e científicos em torno de um problema real, permitindo que os estudantes desenvolvessem habilidades previstas na BNCC, como abstração, reconhecimento de padrões, uso de estruturas de dados e resolução de problemas. Por fim, esta experiência reforça o valor de práticas pedagógicas que aproximem os estudantes da resolução de problemas reais por meio da tecnologia, promovendo uma aprendizagem ativa, significativa e alinhada às demandas formativas do século XXI.

7. Agradecimentos

Informamos que, o código utilizado para a análise estatística dos dados do Bebras, desenvolvido em Google Colab, foi gerado com o apoio do Gemini 2.5 Flash. A ferramenta foi usada exclusivamente para auxiliar na criação dos scripts responsáveis pelos cálculos utilizados na análise quantitativa.

As autoras agradecem à Universidade do Estado do Amazonas pelo apoio institucional e à PROESP - UEA pelo suporte financeiro. Agradecemos também aos colegas do ThinkTED Lab pelas contribuições e discussões que enriqueceram este trabalho.

Referências

- Alexandron, G., Armoni, M., Gordon, M., and Harel, D. (2014). Scenario-based programming: Reducing the cognitive load, fostering abstract thinking. In *Companion Proceedings of the 36th International Conference on Software Engineering*, pages 311–320.
- Bardin, L. (1977). *Análise de conteúdo*. Edições 70, Lisboa.
- Bentes, J. C., Flores, E. F., Guedes, A. d. J., Freitas, M. L. P., Costa-Junior, A. d. O., and Angldada-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://sol.sbc.org.br/index.php/sbie/article/view/31484>. Acesso em: 11 de jun. 2025.
- Brackmann, C. P., Román-González, M., Robles, G., Moreno-León, J., Casali, A., and Barone, D. (2017). Development of computational thinking skills through unplugged activities in primary school. In *Proceedings of the 12th workshop on primary and secondary computing education*, pages 65–72.
- Brasil (2018). Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 11 de jun. 2025.
- Cardoso Ferreira, T., Santana, T., and Braga, A. (2024). Pensamento computacional e robótica na atração de talentos para a computação: Um relato de experiência no ensino fundamental. *Anais do Computer on the Beach*, 15:396–401. Disponível em: <https://11nq.com/Cjd8I>. Acesso em: 11 de jun. 2025.
- Cavalcante, M. A. and Santos, E. M. F. (2021). Eletrônica criativa: Uma estratégia metodológica para o ensino e aprendizagem de conceitos de eletricidade e/ou eletrônica na modalidade híbrida de ensino: Introdução. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 43. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2021-0188>. Acesso em: 11 de jun. 2025.
- CSTA-ISTE (2011). Computational Thinking - Teacher resources. 2a. ed. Computer Science Teachers Association (CSTA) and the International Society for Technology in Education (ISTE). Disponível em: <https://iste.org/blog/computational-thinking-for-all>. Acesso em: 11 de jun. 2025.
- Culkin, J. and Hagan, E. (2019). *Aprenda eletrônica com Arduino: Um guia ilustrado de eletrônica para iniciantes*. Novatec Editora.
- Flores, E. F., Guedes, A. d. J., Bentes, J. C., Freitas, M. L. P., Costa-Junior, A. d. O., and Angldada-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://sol.sbc.org.br/index.php/sbie/article/view/31478>. Acesso em: 11 de jun. 2025.
- Freitas, M. L. P., Flores, E. F., Guedes, A. d. J., Bentes, J. C., Costa-Junior, A. d. O., and Angldada-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://sol.sbc.org.br/index.php/sbie/article/view/31485>. Acesso em: 11 de jun. 2025.
- Geraldes, W., Afonseca, U., Santos, V., Sousa, T., and Silva, M. (2023). Desenvolvendo o pensamento computacional em estudantes da rede pública de ensino em luziânia-go, com apoio do projeto oficinas 4.0. In *Anais do VIII Congresso sobre Tecnologias na Educação*, pages 163–172, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/ctrlr/article/view/25795>. Acesso em: 11 de jun. 2025.
- Guedes, A. d. J., Flores, E. F., Bentes, J. C., Freitas, M. L. P., Costa-Junior, A. d. O., and Angldada-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://sol.sbc.org.br/index.php/educomp/article/view/34234>. Acesso em: 11 de jun. 2025.
- Mendes, A., Delgado, C., and Schneider, D. (2021). Maquete ferroviária: O exercício do pensamento computacional por meio da robótica educacional de acesso livre. In *Anais Estendidos do I Simpósio Brasileiro de Educação em Computação*, pages 49–49, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC. Disponível em: https://doi.org/10.5753/educomp_estendido.2021.14870. Acesso em: 11 de jun. 2025.
- O’Sullivan, D. and Igoe, T. (2004). *Physical computing: sensing and controlling the physical world with computers*. Course Technology Press.
- Papert, S. A. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic books.
- Pereira, Wellington G.; França, R. S. d. (2022). Ensino de computação na educação básica: Onde está paulo freire? In *Anais do XXXIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 1404–1414, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbie/article/view/22511>. Acesso em: 11 de jun. 2025.
- Santos, L. C. B., Lima, J. J. d. S., Melo, M. C. d., and Lima, G. P. T. (2024). Programming logic through robotics: Use of scratch and arduino for robot creation and interactive projects. *LUMEN ET VIRTUS*, 15(39):2408–2421. Disponível em: <https://periodicos.newsciencepubl.com/LEV/article/view/207>. Acesso em: 11 de jun. 2025.
- Tomazini Neto, B. C., Lima, B. G. T. d., and Meglhioratti, F. A. (2025). Recursos digitais no ensino de ciências: O caráter auxiliar e pedagógico das tecnologias em sala de aula. *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista – ENCITEC*, 15(1):121–139. Disponível em: <https://san.uri.br/revistas/index.php/encitec/article/view/1036>. Acesso em: 11 de 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://www.learntechlib.org/p/183466/>. Acesso em: 11 de jun. 2025.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3):33–35. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/1118178.1118215>. Acesso em: 11 de jun. 2025.

Zanetti, H. A. and Borges, M. A. (2021). Por que estimular a aprendizagem significativa no ensino de programação orientada a objetos? In *Anais do Simpósio Brasileiro de Educação em Computação*, pages 290–295. SBC. Disponível em: <https://doi.org/10.5753/educomp.2021.14496>. Acesso em: 11 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://doi.org/10.5753/rbie.2023.2851>. Acesso em: 11 de jun. 2025.