

BEMO: Validação Pedagógica de um Robô Educacional Open-Source para o Desenvolvimento do Pensamento Computacional

Maurício dos Santos Passoni¹, Bruno Alves Pesse Libardi¹, Ianne Lima Nogueira¹,
Anderson de Souza Lima¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense – *Campus Bom Jesus do Itabapoana*

CEP 28360-000 – Bom Jesus do Itabapoana – RJ – Brasil

m.passoni@gsuite.iff.edu.br, brunoaplibardi@gmail.com,
{ianne.nogueira, anderson.lima}@iff.edu.br

Abstract. *This article presents the pedagogical validation of BEMO, a low-cost, open-source, modular educational robot designed to support the teaching of robotics and computational thinking. Workshops with in-service educators and secondary students involved hands-on assembly and programming using mBlock, with pre- and post-test questionnaires applied for evaluation. The results indicated increased teacher confidence, greater technical familiarity among students, and high engagement in practical activities. The findings suggest that BEMO may support meaningful and collaborative learning aligned with digital competencies and the principles of the BNCC, contributing to innovative educational practices in basic education.*

Resumo. *Este artigo apresenta a validação pedagógica do BEMO, um robô educacional modular, de baixo custo e open-source voltado ao ensino de robótica e pensamento computacional. Oficinas com profissionais da educação e discentes envolveram montagem e programação no mBlock, com aplicação de questionários pré e pós-teste. Os resultados indicaram aumento da confiança docente, maior familiaridade técnica dos estudantes e elevado engajamento nas atividades práticas. Os achados sugerem que o BEMO pode favorecer aprendizagens significativas e colaborativas, alinhadas às competências digitais e aos princípios da BNCC, contribuindo para práticas de inovação na educação básica.*

1. Introdução

As metodologias integradas de Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática (STEAM) têm se consolidado como essenciais para preparar estudantes para os desafios do século XXI, promovendo pensamento crítico, criatividade e resolução de problemas complexos. Essa abordagem interdisciplinar favorece o aprendizado ativo ao articular áreas tradicionalmente fragmentadas, permitindo que os alunos construam conhecimento por meio da experimentação e da investigação (Ortiz-Carranza et al. 2024; Gonçalves Júnior et al. 2023). Segundo Ortiz-Carranza et al. (2024), experiências STEAM estimulam protagonismo discente e aprendizagem significativa ao integrar componentes científicos e artísticos. De modo convergente, Gonçalves Júnior et al. (2023) relacionam tais práticas às demandas da educação 4.0, que requer metodologias capazes de unir o fazer tecnológico ao pensamento criativo.

No contexto brasileiro, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) reforça essa perspectiva ao estabelecer competências que articulam pensamento científico, cultura digital e uso ético de tecnologias (Brasil 2018). Como destacam Lima e Lastória (2024), o documento propõe uma formação digital crítica e integrada ao currículo; entretanto, pesquisas apontam que persistem lacunas na efetiva incorporação das tecnologias no ensino, especialmente no ensino médio (Fernandes Junior, Almeida e Almeida 2022). Tais desafios se intensificam diante das desigualdades estruturais do país, marcadas por carência de infraestrutura tecnológica, falta de formação docente e alto custo de kits comerciais de robótica — fatores que dificultam a democratização das práticas ativas (Macêdo e Faria 2021).

Nesse cenário, a robótica educacional emerge como uma estratégia potente para integrar pensamento computacional e cultura digital ao currículo, alinhada ao construcionismo de Papert (1980, 1994), que destaca o aprender fazendo e a criação de artefatos significativos como motores da aprendizagem profunda. Contudo, a adoção da robótica ainda é limitada por barreiras econômicas e técnicas. Assim, soluções acessíveis e de código aberto constituem alternativas promissoras para ampliar o acesso às experiências maker e STEAM em escolas públicas.

O BEMO (Bloco Educacional Modular Open-Source) insere-se nessa perspectiva ao propor um robô educacional modular, open-source e de baixo custo, desenvolvido para facilitar a aprendizagem ativa, a autonomia e o desenvolvimento do pensamento computacional. Com estrutura personalizável e compatível com Arduino, aliado ao uso do mBlock como ambiente de programação em blocos, o BEMO foi concebido para reduzir barreiras de entrada e favorecer a integração curricular da robótica em diferentes áreas.

Diante desse contexto, este artigo tem como objetivo avaliar o impacto pedagógico do uso do robô educacional BEMO na aprendizagem de estudantes e na formação de professores, considerando dimensões como motivação, autonomia, compreensão de lógica/programação e confiança docente. Partimos da seguinte questão de pesquisa: de que forma o BEMO contribui para o desenvolvimento do pensamento computacional e para a ampliação do engajamento e da autonomia em contextos educacionais da educação básica?

Este estudo apresenta três contribuições principais:

- (i) a validação pedagógica do BEMO com profissionais da educação e discentes em oficinas práticas;
- (ii) a análise quantitativa pré-pós dos resultados em múltiplas dimensões relacionadas ao pensamento computacional, usabilidade e engajamento;
- (iii) a demonstração do potencial de uma solução acessível e aberta para promover inclusão tecnológica e práticas STEAM em escolas públicas.

Assim, o artigo contribui para a literatura ao explorar os efeitos de uma ferramenta open-source e de baixo custo no desenvolvimento do pensamento computacional, respondendo à lacuna identificada por Fernandes Junior, Almeida e Almeida (2022) sobre a necessidade de soluções viáveis para integração curricular das tecnologias digitais. Também reforça a relevância da robótica como estratégia de aprendizagem ativa alinhada aos princípios da BNCC e às demandas da cultura digital contemporânea.

2. Fundamentação Teórica

2.1 Construcionismo, Cultura Maker e STEAM

A robótica educacional encontra bases sólidas no construcionismo de Seymour Papert, segundo o qual a aprendizagem se aprofunda quando os estudantes constroem artefatos significativos que combinam ação, reflexão e criação (Papert 1980, Papert 1994). Essa perspectiva, inspirada em Piaget, defende o protagonismo do aprendiz e valoriza a exploração, o erro e a reformulação como partes essenciais do processo cognitivo.

A cultura maker e as metodologias baseadas em projetos ampliam essas ideias ao promoverem ambientes colaborativos de criação, nos quais os alunos experimentam, testam e iteram suas soluções. Martinez e Stager (2013) interpretam esse movimento como uma mudança epistemológica que reforça autonomia, curiosidade e pensamento crítico. De forma complementar, abordagens STEAM articulam ciência, tecnologia, engenharia, artes e matemática em experiências interdisciplinares que integram lógica computacional, criatividade e aplicação prática (Ortiz-Carranza et al. 2024). Para Gonçalves Júnior et al. (2023), tais metodologias são centrais à educação 4.0, ao impulsionarem invenção, resolução de problemas e colaboração.

Nesse cenário, a robótica educacional se destaca por permitir que estudantes construam e programem dispositivos reais, tornando concretos conceitos abstratos de diferentes áreas e estimulando engajamento, autoria e aprendizagem prática.

2.2 Pensamento Computacional e Cultura Digital

O pensamento computacional, sistematizado por Wing (2006), refere-se à capacidade de formular problemas e expressar soluções de forma automatizável, envolvendo habilidades como abstração, reconhecimento de padrões, decomposição e algoritmos. Estudos posteriores ampliam essa perspectiva ao relacionar o pensamento computacional à cultura digital e ao ecossistema educacional contemporâneo, reforçando sua transversalidade na educação básica (Leite e Silva 2017).

Como argumentam Vieira e Hai (2023), integrar pensamento computacional e cultura digital é essencial para formar cidadãos capazes de compreender e criar tecnologias, e não apenas consumi-las. Esse processo vai além do domínio técnico: envolve crítica, ética e criatividade, conforme apontado por Pimentel (2018). Ao permitir a autoria tecnológica, a robótica promove letramento digital crítico e amplia a capacidade dos estudantes de atuar de forma ativa e reflexiva no mundo digital.

Pesquisas recentes reforçam essa relação. Atmatzidou et al. (2018) e Chatzopoulos et al. (2022) verificaram ganhos significativos em lógica, eletrônica e retenção de conceitos após oficinas com robôs educacionais. Lee, Yunus e Lee (2025), Bers et al. (2014) e Zviel-Girshin, Luria e Shaham (2020) também demonstram benefícios em criatividade, engajamento e autonomia. Em todos os casos, a aprendizagem ocorre por meio da experimentação concreta, em linha com o construcionismo.

2.3 Robótica, BNCC e Inclusão Tecnológica

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) reforça a necessidade de integrar pensamento computacional e cultura digital à formação dos estudantes, especialmente por meio das competências gerais 2, 5 e 10, que tratam do pensamento científico/criativo, do uso ético e inovador de tecnologias digitais e da ação pessoal e coletiva fundamentada em princípios éticos (Brasil 2018).

Como analisam Lima e Lastória (2024), a BNCC busca superar abordagens instrumentais ao direcionar a educação digital para uma perspectiva crítica e contextualizada. Entretanto, Fernandes Junior, Almeida e Almeida (2022) apontam que persistem lacunas entre as orientações normativas e a prática pedagógica, em especial devido à falta de formação docente e de condições estruturais adequadas.

Nesse sentido, a robótica educacional apresenta-se como uma alternativa concreta para operacionalizar os princípios da BNCC, ao conectar conceitos científicos e matemáticos com criatividade, resolução de problemas e autoria tecnológica. Contudo, desafios persistem: o alto custo de kits proprietários e as desigualdades de infraestrutura dificultam a democratização dessas práticas (Macêdo e Faria 2021).

Por isso, soluções acessíveis, open-source e de baixo custo — como aquelas baseadas em Arduino, mBlock e modelos modulares — tornam-se estratégicas para ampliar a equidade digital, oferecendo às escolas públicas oportunidades reais de implementar práticas de robótica e STEAM alinhadas à BNCC.

3. Metodologia

Este estudo caracteriza-se como pesquisa aplicada, de natureza exploratória, com delineamento quase-experimental pré-teste/pós-teste e abordagem mista. A intervenção buscou avaliar o impacto pedagógico do BEMO — robô educacional modular, open-source e de baixo custo — em dimensões relacionadas ao referencial teórico: motivação, autonomia, compreensão de lógica/programação (pensamento computacional), usabilidade e confiança docente para integração curricular. O desenho didático baseou-se no construcionismo de Papert, na cultura maker e na abordagem STEAM, articulando-se às competências gerais 2, 5 e 10 da BNCC, referentes a pensamento científico/criativo, uso ético e inovador de tecnologias digitais e responsabilidade/cidadania.

3.1 Participantes

A validação do protótipo envolveu dois grupos. O primeiro foi composto por quinze profissionais da educação (doze docentes, dois pedagogos e um técnico em assuntos educacionais), selecionados intencionalmente para garantir diversidade de perfis e permitir avaliar a aplicabilidade pedagógica do BEMO. Os docentes atuavam em áreas variadas, incluindo Computação, Matemática, Ciências da Natureza, Linguagens e Ciências Humanas, o que contribuiu para a interpretação dos ganhos em confiança e apropriação tecnológica observados. O segundo grupo reuniu dez estudantes do ensino médio integrado (cursos técnicos em Informática e Meio Ambiente).

A participação foi voluntária, sem impacto em avaliações escolares. O estudo seguiu as normas éticas da instituição de ensino para pesquisas educacionais: todos foram informados sobre objetivos e procedimentos, puderam desistir a qualquer momento, e os dados foram anonimizados. As atividades com discentes ocorreram em horário que não prejudicasse o andamento das aulas regulares.

3.2 Contexto da intervenção

As oficinas ocorreram no Laboratório Maker da instituição, ambiente equipado com computadores, kits de prototipagem e impressoras 3D. Cada encontro teve 120 minutos e seguiu a mesma sequência para ambos os públicos: (i) contextualização dos objetivos e breve introdução a STEAM/BNCC; (ii) exploração do material e montagem do BEMO com *scaffolding* para promover autonomia progressiva; (iii) programação em blocos no

mBlock, abordando eventos, laços, condicionais e interação sensor-atuador; e (iv) desafios colaborativos (p.ex., seguidor de linha e robô “artista”), com iterações de construir–testar–refazer, coerentes com a epistemologia maker e com o pensamento computacional (abstração, decomposição, depuração). A Figura 1 apresenta o protótipo do BEMO utilizado nas oficinas.

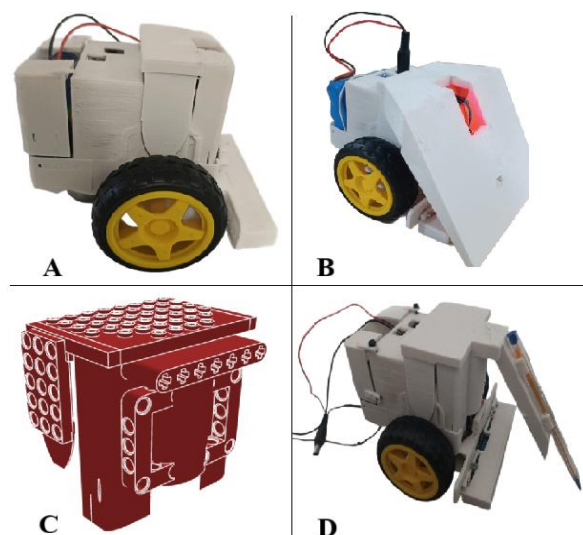


Figura 1 – Protótipo do BEMO utilizado nas oficinas (módulos: A – Básico; B – Sumô; C – LEGO; D – Plotter)

O BEMO possui estrutura modular com peças impressas em 3D e compatibilidade com Arduino, permitindo diferentes configurações didáticas. O ambiente de programação mBlock foi utilizado para reduzir barreiras iniciais à programação, tornando conceitos de pensamento computacional mais acessíveis. Para favorecer a replicabilidade em escolas públicas sem kits proprietários, foram disponibilizados materiais de apoio, como manual de montagem, tutoriais, guia on-line e repositório aberto de códigos e modelos 3D, disponíveis em: <https://guia-robo.vercel.app/>.

3.3 Procedimentos e coleta de dados

A coleta de dados combinou questionários on-line (Google Forms) e registros observacionais. Cada grupo respondeu a um pré-teste e um pós-teste, totalizando quatro instrumentos, todos compostos por itens em escala Likert (1–5) e perguntas abertas.

Para os profissionais da educação, o pré-teste mapeou familiaridade técnica com robótica e programação, experiências didáticas anteriores e disposição para inovar; o pós-teste concentrou-se em usabilidade (montagem e programação), aplicabilidade curricular, intenção de replicação e confiança para integrar o BEMO/mBlock à prática docente. Para os discentes, o pré-teste aferiu experiência anterior com robôs/sensores e programação visual, interesse por áreas STEAM e autoconfiança para aprender tecnologia; o pós-teste registrou satisfação, facilidade de uso, percepção de aprendizagem em lógica/PC, autonomia e motivação para continuidade de estudos.

Os instrumentos foram elaborados pelos autores para verificação de clareza e pertinência, incluindo itens como "Me sinto confiante para aprender a utilizar um robô educacional" (docentes) e "Acredito que posso usar a programação para resolver problemas reais" (discentes). Respostas abertas e notas de observação compuseram o corpus qualitativo, utilizado para triangulação com os dados quantitativos.

3.4 Plano Analítico

A análise quantitativa considerou o mesmo participante em dois momentos. Após inspeção descritiva (médias e desvios-padrão), aplicou-se o teste t pareado (Student para amostras dependentes) com significância de $\alpha = 0,05$. Itens espelhados permitiram comparações diretas das dimensões investigadas: familiaridade técnica, aplicabilidade, autoconfiança e usabilidade. Medidas complementares de tamanho de efeito não foram calculadas, aspecto a considerar em estudos futuros.

Os resultados são apresentados em gráficos comparativos com médias por dimensão: Figura 2 (profissionais da educação) e Figura 3 (discentes).

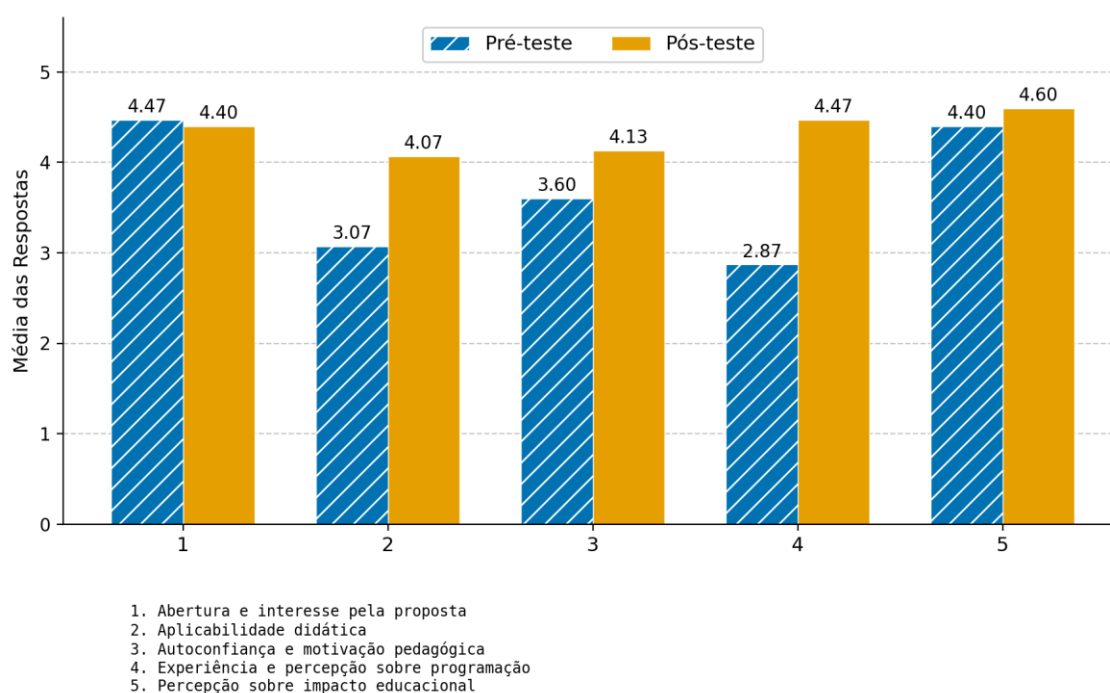


Figura 2 – Comparação entre Pré e Pós-Teste – Profissionais da Educação (Dimensões Pedagógicas)

As médias apresentadas representam as cinco dimensões analisadas junto aos profissionais da educação: (1) abertura e interesse pela proposta, (2) aplicabilidade didática, (3) autoconfiança e motivação pedagógica, (4) experiência e percepção sobre programação, e (5) percepção sobre impacto educacional. Observa-se crescimento expressivo nas dimensões 2 e 4, correspondentes à aplicabilidade didática e à confiança na programação, indicando que a vivência prática com o robô BEMO foi decisiva para transformar o interesse inicial em uma percepção concreta de viabilidade pedagógica.

As médias comparativas entre os dois momentos evidenciam as dimensões analisadas entre os estudantes: (1) experiência prévia e confiança com robôs, (2) familiaridade e interesse com Arduino, (3) experiência com programação visual, (4) capacidade percebida versus facilidade de montagem e (5) preferência por exemplos práticos. Nota-se elevação significativa nas dimensões 2 e 3, demonstrando que a experiência prática com o mBlock e com o robô BEMO favoreceu o desenvolvimento do pensamento computacional e aumentou a autoconfiança dos estudantes em lidar com tecnologias.

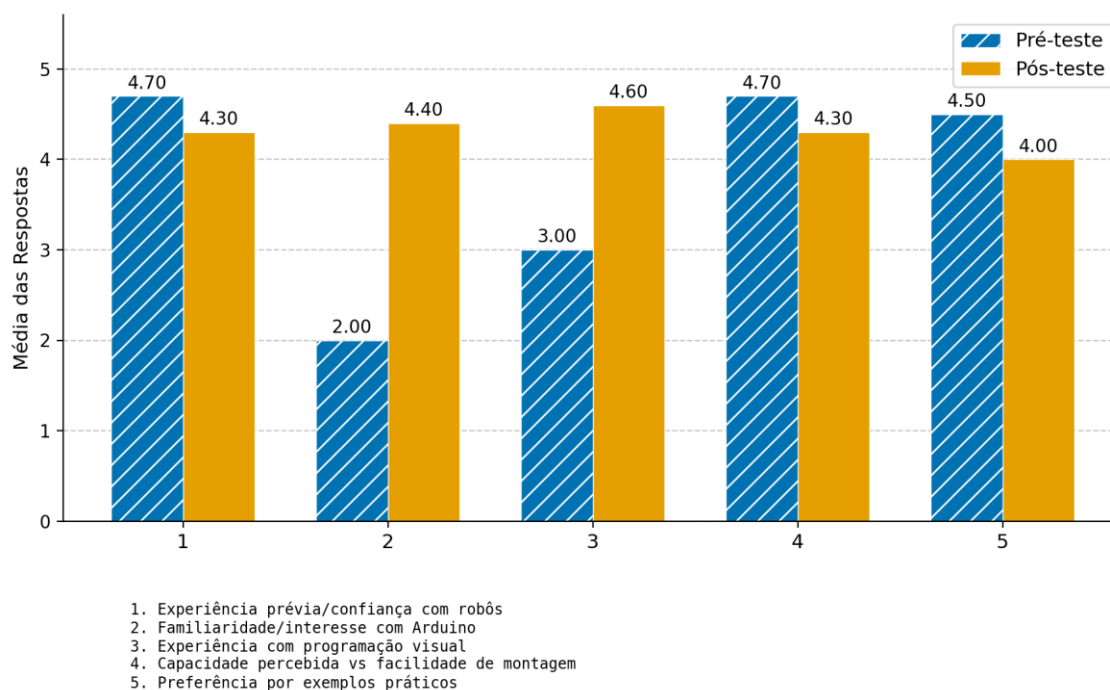


Figura 3 – Comparação entre Pré e Pós-Teste – Discentes (Dimensões Relacionadas)

A análise qualitativa seguiu análise temática de conteúdo, categorizando as respostas nas macro-dimensões teóricas (motivação, autonomia, compreensão de lógica/PC, usabilidade, confiança docente) e em subtemas emergentes (barreiras percebidas, sugestões de melhoria, evidências de integração STEAM/BNCC). Os achados quantitativos e qualitativos são integrados na seção de Resultados, discutindo implicações pedagógicas e de implementação.

4. Resultados e Discussão

A análise conjunta dos resultados obtidos com profissionais da educação e discentes evidencia o potencial da proposta em promover aprendizagens significativas, engajadoras e equitativas, alinhadas às práticas pedagógicas contemporâneas e aos princípios da abordagem STEAM. As oficinas, estruturadas em torno do uso do robô educacional BEMO, demonstraram eficácia tanto na mobilização de saberes técnicos quanto na valorização do protagonismo dos participantes, os quais são fundamentos centrais das metodologias ativas, da cultura maker e do construcionismo papertiano.

Além de favorecer o desenvolvimento de competências cognitivas e técnicas, a experiência promoveu confiança, autonomia e sentimento de pertencimento a uma cultura digital mais acessível, consolidando o BEMO como uma ferramenta que alia inovação tecnológica, inclusão e equidade educacional.

4.1 Familiaridade prévia com tecnologia e robótica

Os dados de pré-teste revelaram baixa familiaridade técnica de ambos os grupos com robótica educacional, sensores e programação. Entre os profissionais da educação, as médias iniciais na dimensão experiência e percepção sobre programação (2,87) confirmaram o distanciamento entre o uso pedagógico da tecnologia e a prática cotidiana escolar. Situação semelhante foi observada entre os discentes, cujo contato anterior com

robôs e microcontroladores era pontual ou inexistente, com médias reduzidas em familiaridade/interesse com Arduino (2,0).

Apesar desse cenário, destacou-se o alto interesse inicial e a disposição para aprender, indicando que a curiosidade pode operar como motor da integração tecnológica na educação, mesmo em contextos com repertório técnico limitado. Essa atitude é coerente com a perspectiva de aprendizagem significativa e situada proposta por Papert (1980, 1994), segundo a qual o engajamento emocional e a experimentação concreta são elementos estruturantes do processo de aprender.

Tanto os profissionais da educação quanto os estudantes iniciaram as oficinas com expectativas positivas, e o contato direto com o robô BEMO despertou curiosidade e senso de descoberta, confirmando o potencial do “mão na massa” para despertar o interesse por ciência e tecnologia — aspecto essencial ao engajamento em práticas STEAM.

4.2 Ganhos percebidos pelos profissionais da educação

Entre os profissionais da educação, a comparação entre os resultados do pré e do pós-teste revelou ganhos expressivos em múltiplas dimensões pedagógicas (Figura 2). Embora a familiaridade técnica inicial fosse restrita, observou-se crescimento consistente nas percepções de aplicabilidade didática e de impacto educacional da proposta.

O teste t pareado confirmou diferenças estatisticamente significativas nas dimensões aplicabilidade didática (de 3,07 para 4,07; $p = 0,022$) e experiência/percepção sobre programação (de 2,87 para 4,47; $p = 0,001$). Esses resultados evidenciam que a vivência prática com o BEMO e o uso do mBlock foram determinantes para reduzir a insegurança dos profissionais da educação e fortalecer a confiança na própria capacidade de ensinar com tecnologia — um ganho formativo fundamental.

As respostas abertas reforçam esse impacto qualitativo: os participantes destacaram a clareza dos materiais, a organização das etapas e o potencial de replicação da proposta em diferentes áreas, inclusive em disciplinas fora do campo técnico. Comentários como “aprendi que a robótica não é tão complicada quanto parece” e “posso usar o robô para ensinar qualquer conceito de forma prática” exemplificam a ampliação da percepção de viabilidade pedagógica.

Esses achados indicam que a oficina contribuiu para desmistificar o uso da tecnologia e redefinir o papel do professor como mediador criativo e colaborativo, em consonância com as competências gerais 2, 5 e 10 da BNCC, que tratam do pensamento científico, do uso ético e inovador das tecnologias digitais e da ação responsável e colaborativa.

4.3 Ganhos percebidos pelos estudantes

Entre os discentes, os dados apontam avanços significativos em familiaridade técnica, raciocínio lógico e confiança ao longo da oficina (Figura 3). Mesmo partindo de pouca experiência prática com robótica, os estudantes demonstraram alto nível de engajamento, traduzido em crescimento expressivo nas médias de familiaridade/interesse com Arduino (de 2,0 para 4,4) e experiência com programação visual (de 3,0 para 4,6), ambos com significância estatística ($p < 0,05$).

Esses ganhos comprovam que a combinação entre o mBlock e o BEMO favoreceu o desenvolvimento do pensamento computacional (PC), ao permitir que os alunos

compreendessem, de modo tangível, conceitos de abstração, decomposição, repetição e depuração. O exercício prático estimulou o raciocínio algorítmico e a resolução de problemas, competências essenciais para a cultura digital contemporânea.

Embora itens relacionados à facilidade percebida tenham apresentado leve redução (de 4,7 para 4,3), tal variação reflete uma reavaliação realista das complexidades envolvidas, típica de processos de aprendizagem significativa. Essa maturação cognitiva demonstra a consolidação do aprendizado, mais do que a perda de confiança.

As respostas abertas reforçam essa leitura: os alunos descreveram a atividade como “divertida e instigante”, expressaram vontade de “continuar aprendendo a programar” e reconheceram o prazer de ver um artefato funcional criado por suas próprias mãos — evidência direta de engajamento e autoria no processo de aprendizagem.

4.4 Síntese e implicações pedagógicas

A comparação entre profissionais da educação e discentes revela convergências relevantes em termos de engajamento, percepção de aprendizado e valorização da prática colaborativa. Ambos os grupos atribuíram à oficina alta clareza metodológica, relevância prática e aplicabilidade interdisciplinar, destacando o desejo de continuidade e de replicação da experiência em contextos escolares reais.

Do ponto de vista pedagógico, os resultados evidenciam que o BEMO contribuiu simultaneamente para o desenvolvimento de competências técnicas e socioemocionais — como autonomia, criatividade, cooperação e confiança — e para a formação crítica e reflexiva de educadores e estudantes. Essa integração entre ação, reflexão e criação materializa os princípios da educação baseada em projetos, central à abordagem maker e ao construcionismo.

Além disso, o caráter open-source e de baixo custo do BEMO se mostrou essencial para a inclusão e equidade digital, permitindo que escolas públicas com recursos limitados possam vivenciar práticas de robótica educacional significativas. Essa dimensão social e democratizadora reforça o papel do projeto como vetor de justiça educacional, alinhado às diretrizes da BNCC (Brasil 2018) e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 4 e 10), ao promover acesso ampliado à cultura tecnológica e à aprendizagem STEAM.

De modo geral, a experiência confirmou o potencial das soluções acessíveis e colaborativas de robótica educacional para romper barreiras técnicas e simbólicas associadas à tecnologia, gerando impactos positivos tanto na confiança docente quanto no desenvolvimento do pensamento computacional discente. O BEMO demonstrou ser não apenas um dispositivo pedagógico, mas um mediador de inclusão, autoria e engajamento, capaz de aproximar o fazer tecnológico da realidade das escolas públicas e de consolidar uma aprendizagem ativa, crítica e situada.

5. Conclusão

O presente estudo teve como objetivo validar pedagogicamente o uso do robô educacional BEMO como ferramenta de apoio ao ensino de robótica e ao desenvolvimento do pensamento computacional em contextos educacionais. A proposta foi fundamentada nos princípios do construcionismo, da cultura maker e da abordagem STEAM, buscando analisar de que forma uma solução aberta e acessível poderia favorecer práticas de

aprendizagem ativa e interdisciplinar alinhadas às competências gerais 2, 5 e 10 da BNCC.

Os resultados obtidos nas oficinas indicaram ganhos expressivos nas percepções de profissionais da educação e discentes após a experiência prática. Entre os professores, observou-se um aumento significativo na aplicabilidade didática percebida e na confiança para trabalhar com robótica e programação, apontando para o fortalecimento da autonomia e da disposição para inovar em sala de aula. Entre os estudantes, os dados revelaram avanços concretos em familiaridade técnica, raciocínio lógico e compreensão de conceitos de programação, além de elevado nível de engajamento e motivação durante as atividades. As respostas qualitativas reforçaram a relevância formativa da experiência, destacando o entusiasmo, o senso de descoberta e o aprendizado colaborativo.

A análise conjunta dos resultados demonstra que o uso do BEMO contribuiu para promover aprendizagens significativas, engajamento ativo e desenvolvimento do pensamento computacional. Os achados sugerem que o robô pode funcionar como mediador pedagógico na integração entre teoria e prática, apoiando processos de experimentação e de criação de artefatos tangíveis. Além disso, o caráter open-source e de baixo custo da proposta reforça seu potencial para ampliar o acesso à robótica educacional e promover inclusão e equidade digital em contextos escolares públicos, tradicionalmente limitados por barreiras estruturais e financeiras.

Os achados reforçam o potencial de expansão e continuidade do projeto em novas etapas de aplicação, abrangendo turmas de diferentes níveis de ensino e formações docentes. A replicabilidade dos materiais e da metodologia empregada permite que o BEMO seja adaptado a distintos contextos curriculares, mantendo-se fiel aos princípios da aprendizagem ativa e colaborativa.

Como perspectivas futuras, recomenda-se a realização de novas investigações em larga escala, que envolvam amostras diversificadas e instrumentos avaliativos complementares, a fim de aprofundar a compreensão sobre o impacto do uso do robô na aprendizagem, na motivação e na formação docente. Estudos longitudinais e comparativos poderão oferecer evidências mais robustas sobre a consolidação de competências digitais e sobre a sustentabilidade de práticas baseadas em robótica educacional acessível.

Cabe reconhecer as limitações do estudo: a amostra reduzida (15 profissionais e 10 estudantes), o contexto específico de uma única instituição e a ausência de acompanhamento longitudinal restringem a generalização dos resultados. A validade externa demanda investigações em diferentes redes e regiões, considerando a heterogeneidade das condições das escolas públicas brasileiras. Esses aspectos não comprometem as conclusões apresentadas, mas orientam o escopo de suas interpretações.

Em síntese, a validação pedagógica do BEMO evidenciou que a robótica educacional, quando acessível e fundamentada em metodologias ativas, é capaz de transformar o processo de ensino-aprendizagem em uma experiência criativa, colaborativa e significativa, aproximando professores e estudantes da cultura digital e contribuindo para uma educação pública mais equitativa, inovadora e conectada aos desafios do século XXI.

Declaração sobre uso de Inteligência Artificial

Este trabalho contou com o apoio de ferramentas de Inteligência Artificial generativa exclusivamente para fins de revisão textual e aprimoramento da clareza da redação. As tecnologias utilizadas não participaram da concepção metodológica, da coleta ou análise de dados, nem da interpretação dos resultados científicos apresentados. Todas as decisões acadêmicas, análises e conclusões são de responsabilidade dos autores.

Referências

- Atmatzidou, S., Demetriadis, S. and Nika, P. (2018) “How does the degree of guidance support students’ metacognitive and problem-solving skills in educational robotics?”, *Journal of Science Education and Technology*, v. 27, pp. 70–85.
- Bers, M. U., Flannery, L. P. and Kazakoff, E. R. (2014) “Computational thinking and tinkering: exploration of an early childhood robotics curriculum”, *Computers & Education*, v. 72, pp. 145–157. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.10.020>, acesso em 15 maio 2026.
- Brasil. Ministério da Educação. (2018), *Base Nacional Comum Curricular*, MEC, Brasília, DF. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/cne/base-nacional-comum-curricular-bncc>, acesso em 12 outubro 2025.
- Chatzopoulos, A., Kalogiannakis, M., Papadakis, S. and Papoutsidakis, M. (2022) “A Novel, Modular Robot for Educational Robotics Developed Using Action Research Evaluated on Technology Acceptance Model”, *Education Sciences*, v. 12, n. 4, p. 274. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/educsci12040274>, acesso em 16 setembro 2025.
- Fernandes Junior, A. M., Almeida, F. J. de and Almeida, S. C. D. de (2022) “A pesquisa brasileira em Educação sobre o uso das tecnologias no Ensino Médio no início do século XXI e seu distanciamento da construção da BNCC”, *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, Rio de Janeiro, v. 30, n. 116, pp. 620–643, Jul./Sep. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-403620220003002943>, acesso em 18 outubro 2025.
- Gonçalves Júnior, M., Pedroso, M. P. G. and Viana, L. A. F. C. (2023) “A importância da metodologia STEAM para a Educação 4.0”, *Revista Acervo Educacional*, v. 5, July, e13612. Disponível em: <https://doi.org/10.25248/rae.e13612.2023>, acesso em 15 outubro 2025.
- Lee, J., Yunus, S. and Lee, J. O. (2025) “Investigating children's programming skills through play with robots (KIBO)”, *Early Childhood Education Journal*, v. 53, n. 1, p. 109-117. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10643-023-01563-y>, acesso em 15 fevereiro 2026.
- Leite, M. and Silva, S. F. da (2017) “Redimensionamento da Computação em Processo de Ensino na Educação Básica: O pensamento Computacional, o Universo e a Cultura Digital”, In: *Anais dos Workshops do VI Congresso Brasileiro de Informática na Educação (WCBIE 2017)*, 6th CBIE, Porto Alegre, SBC, pp. 804–813. DOI: 10.5753/cbie.wcbie.2017.804.
- Lima, G. de S. and Lastória, L. A. C. N. (2024) “A BNCC: o embate entre a educação digital e a promoção do pensamento crítico em suas possíveis interfaces”, *Revista*

Pesquisa Qualitativa, São Paulo, v. 12, n. 32, pp. 377–399, Sep./Dec. DOI: 10.33361/rpq.2024.v.12.n.32.697.

Macêdo, M. A. and Faria, E. C. de (2021) *Manual Pedagógico de Robótica Educacional*. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/602525/2/Manual%20pedagogico%20de%20robotica%20educacional.pdf>, acesso em 13 outubro 2025.

Martinez, S. L. and Stager, G. S. (2013), *Invent to Learn: Making, Tinkering, and Engineering in the Classroom*, 1st edition, Constructing Modern Knowledge Press.

Ortiz-Carranza, G., Ortiz-Barre, J., Trejo-Márquez, G. and Martínez-Satizabal, E. (2024) “Metodología STEAM. Aplicaciones en la educación básica”, *593 Digital Publisher CEIT*, Quito, v. 9, n. 3, p. 1154–1166, May. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33386/593dp.2024.3.2501>, acesso em 15 outubro 2025.

Papert, S. (1980), *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*, 2nd edition, Basic Books, New York.

Papert, S. (1994), *A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática*, Artes Médicas, Porto Alegre, 211 p. Tradução de Sandra Costa.

Pimentel, F. S. C. (2018) “Letramento digital na cultura digital: o que precisamos compreender?”, *Revista EDaPECI*, São Cristóvão, v. 18, n. 1, pp. 7–16, March. DOI: 10.29276/redapeci.2018.18.18545.7-16.

Vieira, K. D. and Hai, A. A. (2023) “O pensamento computacional na educação para um currículo integrado à cultura e ao mundo digital”, *Acta Scientiarum. Education*, Maringá, v. 45, e52908. DOI: 10.4025/actascieduc.v45i1.52908.

Wing, J. M. (2006) “Computational Thinking”, *Communications of the ACM*, v. 49, n. 3, pp. 33–35, March.

Zviel-Girshin, R., Luria, A. and Shaham, C. (2020) “Robotics as a tool to enhance technological thinking in early childhood”, *Journal of Science Education and Technology*, v. 29, n. 2, pp. 294–302. DOI: 10.1007/s10956-020-09815-x.