

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JORGE LUCAS VICILLI JABCZENSKI

DESENVOLVIMENTO DE UM KIT DE ROBÓTICA EDUCACIONAL MODULAR DE
BAIXO CUSTO

CURITIBA PR

2025

JORGE LUCAS VICILLI JABCZENSKI

DESENVOLVIMENTO DE UM KIT DE ROBÓTICA EDUCACIONAL MODULAR DE
BAIXO CUSTO

Trabalho apresentado como requisito parcial à conclusão do Curso de Bacharelado em Ciência da Computação, Setor de Ciências Exatas, da Universidade Federal do Paraná.

Área de concentração: *Computação*.

Orientador: Eduardo Todt.

CURITIBA PR

2025

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um robô modular voltado para aplicações em robótica educacional, com o objetivo de demonstrar, de forma prática, o funcionamento de diferentes sensores e atuadores. O projeto abrange a concepção mecânica do chassi, a integração eletrônica dos módulos e a implementação do software de controle, seguindo a metodologia Design Science Research, que orientou as decisões de projeto com foco em criar um artefato funcional, acessível e adequado ao ambiente educacional. A plataforma proposta utiliza módulos intercambiáveis que se conectam magneticamente ao corpo principal, permitindo a rápida substituição de sensores e atuadores e possibilitando uma ampla variedade de atividades sem depender de um conjunto fixo de componentes. A adoção de impressão 3D e o uso de peças de fácil aquisição permitiram a construção de um robô móvel com três módulos ao custo aproximado de 160 reais, o que reforça a viabilidade do projeto mesmo em instituições com recursos limitados. Além disso, a escolha do ecossistema Arduino contribuiu para a acessibilidade da solução, devido à grande disponibilidade de materiais de apoio e à facilidade de uso da plataforma. Os resultados obtidos mostram que foi possível atender à necessidade identificada de um kit de robótica acessível, expansível e simples de replicar, oferecendo uma base prática para atividades de ensino. Como conclusões, destaca-se que o robô desenvolvido constitui uma alternativa economicamente viável e pedagogicamente flexível para ambientes de aprendizagem, favorecendo a experimentação e o entendimento de conceitos fundamentais de sensoriamento e controle. Entre as melhorias sugeridas para trabalhos futuros estão o aumento da robustez estrutural, especialmente para uso por faixas etárias mais jovens, e a disponibilização de interfaces de comunicação como UART e I2C nos módulos, ampliando o potencial de expansão da plataforma e possibilitando o uso de sensores e atuadores mais avançados.

Palavras-chave: Robótica educacional. Robótica modular. Aprendizagem prática.

ABSTRACT

This work presents the development of a modular robot designed for educational robotics applications, with the goal of demonstrating, in a practical manner, the operation of different sensors and actuators. The project encompasses the mechanical design of the chassis, the electronic integration of the modules, and the implementation of the control software, following the Design Science Research methodology, which guided the design decisions with a focus on creating a functional, accessible, and education-oriented artifact. The proposed platform uses interchangeable modules that connect magnetically to the main body, allowing quick replacement of sensors and actuators and enabling a wide variety of activities without relying on a fixed set of components. The use of 3D printing and easily obtainable parts made it possible to build a mobile robot with three modules at an approximate cost of 160 Brazilian reais, reinforcing the feasibility of the project even in institutions with limited resources. Furthermore, the adoption of the Arduino ecosystem contributed to the accessibility of the solution due to the extensive availability of support materials and the platform's ease of use. The results show that the project successfully addressed the identified need for an accessible, expandable, and easy-to-replicate robotics kit, providing a practical foundation for teaching activities. In conclusion, the developed robot represents an economically viable and pedagogically flexible alternative for learning environments, supporting experimentation and the understanding of fundamental sensing and control concepts. Suggested improvements for future work include increasing the structural robustness, especially for younger users, and making communication interfaces such as UART and I2C available in the modules, expanding the platform's potential and enabling the use of more advanced sensors and actuators.

Keywords: Educational robotics. Modular robot. Hands-on learning.

LISTA DE FIGURAS

3.1	Suporte para motores	17
3.2	Montagem do motor no suporte.	18
3.3	Chassi	19
3.4	Partes Montadas.	19
3.5	Módulos	20
3.6	Módulo de Bateria	20
3.7	Robô conectado para programação	21
3.8	Robô finalizado	21

LISTA DE TABELAS

3.1	Lista de Componentes.	17
-----	-------------------------------	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.	10
2.1	CONCEITOS DA ROBÓTICA EDUCACIONAL	10
2.2	APLICAÇÃO DA ROBÓTICA EDUCACIONAL NA EDUCAÇÃO NÃO FOR- MAL	10
2.3	ROBÓTICA EDUCACIONAL E PROBLEM-BASED LEARNING (PBL).	11
2.4	OPORTUNIDADES E DESAFIOS.	12
2.5	CONCLUSÃO	13
3	DESENVOLVIMENTO.	14
3.1	APLICAÇÃO DO DESIGN SCIENCE RESEARCH	14
3.2	CONCEPÇÃO TÉCNICA	14
3.3	DESIGN DETALHADO	15
3.3.1	Estrutura mecânica e design das peças	15
3.3.2	Componentes eletrônicos	16
3.4	CONCLUSÃO	16
4	CONCLUSÃO	22
4.1	RESULTADOS	22
4.2	AVALIAÇÃO EDUCACIONAL PROPOSTA	22
4.3	MELHORIAS PROPOSTAS	23
	REFERÊNCIAS	24

1 INTRODUÇÃO

A robótica educacional tem emergido como uma ferramenta pedagógica transformadora no cenário educacional contemporâneo, oferecendo oportunidades únicas para o desenvolvimento de competências essenciais do século XXI. No contexto brasileiro, onde as desigualdades sociais e educacionais representam desafios significativos, a aplicação da robótica educacional em organizações não governamentais (ONGs) apresenta-se como uma estratégia promissora para promover a inclusão digital e social de crianças e adolescentes em situação de vulnerabilidade.

O principal desafio que motiva este trabalho reside na necessidade de democratizar o acesso à educação tecnológica para crianças e adolescentes atendidos por ONGs no interior do Paraná. Observa-se que, embora a robótica educacional tenha demonstrado eficácia comprovada no desenvolvimento de habilidades como pensamento computacional, resolução de problemas e criatividade (Ribeiro et al., 2023), sua aplicação em contextos de educação não formal, particularmente em organizações que atendem comunidades carentes, ainda enfrenta barreiras significativas. Estas barreiras incluem o alto custo dos kits comerciais disponíveis, a complexidade de implementação e a falta de recursos humanos especializados para conduzir as atividades (Takacs et al., 2016).

Estudos recentes indicam que a robótica educacional em ambientes não formais, como ONGs e clubes de ciência, possui potencial para fomentar não apenas o aprendizado técnico, mas também habilidades colaborativas e motivação intrínseca dos estudantes (Tosato e Baschiera, 2013). Contudo, a literatura científica revela uma lacuna na disponibilidade de soluções específicas para o contexto de ONGs brasileiras, especialmente no que se refere ao desenvolvimento de kits modulares de baixo custo que possam ser facilmente implementados e mantidos por organizações com recursos limitados (Susilo et al., 2016).

A problemática se intensifica quando consideramos que muitas crianças e adolescentes atendidos por ONGs no interior do país têm acesso limitado a tecnologias educacionais avançadas, perpetuando assim o ciclo de exclusão digital. Esta realidade contrasta com a crescente demanda por profissionais com competências em ciência, tecnologia, engenharia e matemática (STEM), evidenciando a urgência de desenvolver soluções educacionais que possam ser implementadas em larga escala e com sustentabilidade financeira (Dias e Smith, 2018).

A motivação para o desenvolvimento deste trabalho fundamenta-se na convergência de múltiplos fatores que evidenciam a relevância e a urgência da proposta. Primeiramente, pesquisas conduzidas no contexto brasileiro demonstram que a robótica educacional pode servir como ferramenta eficaz para o ensino de matemática e outras disciplinas em organizações não governamentais, promovendo maior engajamento e melhores resultados de aprendizagem (de Jesus Santana et al., 2019). Estes estudos revelam que estudantes expostos à robótica educacional em ONGs apresentam melhorias em competências transversais, incluindo trabalho em equipe, comunicação e autoconfiança.

Adicionalmente, a experiência de pesquisadores que aplicaram robótica educacional especificamente no interior do Paraná demonstra que é possível melhorar o engajamento de crianças e adolescentes em situação de vulnerabilidade através de metodologias que combinam narrativa e conceitos tecnológicos (Ribeiro et al., 2024). Esta abordagem contextualizada sugere que soluções adaptadas às realidades locais podem gerar impactos mais significativos do que a simples replicação de modelos desenvolvidos para outros contextos.

A motivação também se alicerça na constatação de que kits de robótica modulares e de baixo custo podem democratizar o acesso à educação tecnológica. Experiências internacionais

com plataformas como o STORMLab demonstram que é possível desenvolver soluções educacionais e interoperáveis com custos reduzidos em comparação aos kits comerciais tradicionais (Susilo et al., 2016). Esta perspectiva é particularmente relevante para o contexto brasileiro, onde a sustentabilidade financeira dos projetos educacionais representa um fator crítico para sua continuidade.

Finalmente, a motivação é reforçada pela crescente conscientização sobre a importância da educação STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) para o desenvolvimento de competências necessárias no mercado de trabalho contemporâneo. A robótica educacional, quando implementada adequadamente, pode servir como catalisador para despertar o interesse de jovens por carreiras científicas e tecnológicas, contribuindo assim para a formação de uma nova geração de profissionais capacitados para os desafios do século XXI (Jeon e Park, 2016).

Este trabalho propõe o desenvolvimento de um protótipo de kit de robótica educacional modular, especificamente projetado para aplicação em ONGs que atendem crianças e adolescentes. O kit proposto baseia-se na plataforma Arduino, reconhecida por sua versatilidade, baixo custo e ampla comunidade de desenvolvedores, características que a tornam ideal para contextos educacionais com recursos limitados (Luciano et al., 2019).

A proposta contempla o desenvolvimento de um chassi principal equipado com um microcontrolador Arduino, ao qual podem ser acoplados diversos módulos funcionais através de um sistema de encaixes padronizados. Esta abordagem modular permite que as atividades educacionais sejam progressivamente complexificadas, adaptando-se ao nível de desenvolvimento dos participantes e aos objetivos pedagógicos específicos de cada sessão. Os módulos incluem sensores para detecção de obstáculos, seguimento de linha, medição de luminosidade e temperatura, bem como atuadores como motores, LEDs e buzzer.

Uma característica distintiva da proposta é a pré-programação do sistema para executar atividades básicas sem necessidade de conhecimento prévio em programação por parte dos educadores. Esta funcionalidade visa reduzir as barreiras de entrada para implementação do kit em ONGs, permitindo que organizações sem expertise técnica específica possam iniciar imediatamente as atividades educacionais. Simultaneamente, o sistema mantém a flexibilidade para atividades de programação mais avançadas, possibilitando a progressão pedagógica dos participantes.

Do ponto de vista tecnológico, a principal contribuição reside no desenvolvimento de uma arquitetura modular que combina simplicidade de uso com flexibilidade pedagógica. O sistema de encaixes padronizados e a pré-programação de funcionalidades básicas representam avanços em relação às soluções existentes, oferecendo uma alternativa viável aos kits comerciais de alto custo. Esta contribuição é particularmente relevante para países em desenvolvimento, onde a sustentabilidade financeira dos projetos educacionais constitui um fator limitante.

Adicionalmente, o trabalho contribui para a democratização do acesso à educação tecnológica, oferecendo uma solução concreta para reduzir as desigualdades digitais que afetam crianças e adolescentes em situação de vulnerabilidade social. Esta contribuição social é particularmente significativa no contexto brasileiro, onde a inclusão digital representa um desafio nacional de grande magnitude.

O Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica necessária para compreensão do trabalho, abordando os conceitos fundamentais de robótica educacional, sua aplicação em contextos de educação não formal e os principais desafios e oportunidades identificados na literatura científica. Este capítulo também examina as experiências internacionais e nacionais relevantes, estabelecendo o estado da arte na área e identificando as lacunas que justificam a realização desta pesquisa.

O Capítulo 3 descreve o desenvolvimento do protótipo de kit de robótica educacional, abordando desde a concepção inicial até a implementação final. São apresentados os critérios de design, as especificações técnicas dos componentes, a arquitetura do sistema modular e os processos de prototipagem e teste. Este capítulo também documenta as decisões de design tomadas durante o desenvolvimento e suas respectivas justificativas.

O Capítulo 4 conclui o trabalho com uma síntese dos principais resultados obtidos e sugestões para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CONCEITOS DA ROBÓTICA EDUCACIONAL

Diferentemente da robótica aplicada à indústria ou à pesquisa científica, a robótica educacional pode ser definida como o uso de recursos e tecnologias de robótica para fins de ensino e aprendizagem, tendo como objetivo principal favorecer os processos pedagógicos ao proporcionar aos estudantes um ambiente de experimentação prática e interdisciplinar.

Nesse contexto, a robótica educacional busca integrar teoria e prática, permitindo que os alunos construam, programem e testem protótipos enquanto aplicam conceitos de diferentes áreas do conhecimento. Essa abordagem interdisciplinar estimula não apenas a assimilação de conteúdos, mas também a vivência de situações reais de investigação, nas quais o erro e a tentativa fazem parte do processo de aprendizagem. Além disso, a robótica em ambientes educacionais se apoia em metodologias ativas, como a aprendizagem baseada em projetos e a aprendizagem colaborativa, que colocam o estudante no centro do processo, incentivando a autonomia e o protagonismo na construção do conhecimento.

A robótica educacional pode ser compreendida também como um recurso didático que vai além da simples utilização de kits tecnológicos. Ela se configura como uma metodologia que articula conteúdos curriculares a práticas de experimentação, permitindo que os alunos aprendam de forma ativa e contextualizada. Segundo (Papert, 1980), criador do construcionismo, o aprendizado ocorre de forma mais efetiva quando o estudante participa da construção de artefatos significativos, o que se aplica diretamente ao uso da robótica em sala de aula. A robótica educacional é uma ferramenta poderosa para engajar os alunos em experiências práticas que desenvolvem autonomia, criatividade e raciocínio lógico, indo além da mera reprodução de conteúdos.

Outro aspecto importante é o caráter interdisciplinar da robótica educacional. Por reunir elementos de áreas como matemática, física, ciências, programação e engenharia, ela favorece uma visão integrada do conhecimento, rompendo a fragmentação típica dos currículos escolares. De acordo com (Bers, 2018), a robótica educacional cria pontes entre diferentes campos do saber, permitindo que os alunos percebam a aplicação prática dos conceitos estudados. Nessa perspectiva, (Yiannoutsou et al., 2017) ressalta que a utilização de tecnologias na educação deve estar sempre associada à promoção de aprendizagens significativas, nas quais os estudantes compreendem a relação entre teoria e prática no processo formativo.

2.2 APLICAÇÃO DA ROBÓTICA EDUCACIONAL NA EDUCAÇÃO NÃO FORMAL

Além de desempenhar um papel significativo no desenvolvimento de competências essenciais para o século XXI, como o pensamento crítico, trabalho em equipe, criatividade e resolução de problemas, a implementação da robótica nas escolas permite que os alunos enfrentem desafios de forma prática, favorecendo o desenvolvimento do pensamento lógico e da capacidade de planejamento. Isso ocorre porque ao programar e montar os robôs, os alunos são incentivados a experimentar diferentes soluções e pensar de forma criativa, estimulando assim sua capacidade de inovação.

Nos espaços de educação não formal, como oficinas, clubes de ciência, centros culturais e programas extracurriculares, a robótica educacional ganha um caráter ainda mais dinâmico e flexível. Nesses ambientes, os estudantes podem explorar a tecnologia de maneira lúdica e

investigativa, sem a rigidez curricular da escola formal. Essa liberdade amplia as possibilidades de aprendizagem, permitindo que o interesse e a curiosidade dos participantes orientem o ritmo e a profundidade das experiências. A robótica é uma ferramenta poderosa de inclusão digital e pode tornar o processo de aprendizagem mais envolvente e interdisciplinar.

Outro ponto importante é o impacto social da robótica educacional em contextos não formais. Projetos comunitários, feiras de ciências e competições de robótica, como a First Lego League, criam oportunidades para que jovens de diferentes realidades tenham acesso a tecnologias inovadoras, desenvolvam habilidades de protagonismo e fortaleçam sua autoestima. Para (Bers, 2018), a robótica em ambientes colaborativos ultrapassa o aspecto meramente técnico, contribuindo também para a formação cidadã e para a inclusão social.

Além disso, a robótica na educação não formal pode atuar como uma ponte entre a escola e o mercado de trabalho, despertando o interesse dos estudantes por carreiras nas áreas de ciência, tecnologia, engenharia e matemática (STEM). Dessa forma, a robótica educacional, mesmo fora do ambiente escolar tradicional, amplia horizontes e favorece a inserção dos jovens em uma sociedade cada vez mais tecnológica.

As ONGs que atuam com projetos de robótica educacional têm desempenhado um papel fundamental na inclusão digital e no incentivo ao protagonismo juvenil. Muitas dessas organizações oferecem oficinas gratuitas ou a baixo custo, possibilitando que crianças e adolescentes de comunidades vulneráveis tenham contato com recursos tecnológicos que dificilmente estariam disponíveis em suas escolas. As iniciativas de robótica em espaços não formais contribuem para ampliar o repertório cultural e científico dos participantes, ao mesmo tempo em que despertam vocações em áreas como ciência, tecnologia e engenharia.

Além do aprendizado técnico, a atuação das ONGs promove também o fortalecimento de valores sociais e comunitários. Ao participar de atividades em grupo, competições e projetos colaborativos, os jovens desenvolvem habilidades como liderança, empatia e responsabilidade social. De acordo com (Bers, 2018), a robótica educacional, quando aplicada em ambientes colaborativos, ultrapassa a dimensão tecnológica e se torna uma ferramenta de transformação social, formando cidadãos mais preparados e conscientes para os desafios do século XXI.

2.3 ROBÓTICA EDUCACIONAL E PROBLEM-BASED LEARNING (PBL)

O Problem-Based Learning (PBL) é uma metodologia ativa centrada no estudante, na qual a aprendizagem ocorre a partir da resolução de problemas reais ou contextualizados. Nesse modelo, os alunos são estimulados a investigar, propor soluções, testar hipóteses e refletir sobre os resultados, assumindo papel protagonista no processo de aprendizagem.

A robótica educacional apresenta forte alinhamento com os princípios do PBL, uma vez que permite a criação de situações-problema concretas, envolvendo desafios técnicos e conceituais que demandam planejamento, experimentação e trabalho colaborativo. Ao projetar, montar e programar robôs, os estudantes aplicam conhecimentos de diferentes áreas, como matemática, física e computação, de forma integrada e contextualizada.

O kit de robótica educacional modular proposto neste trabalho é especialmente adequado para atividades baseadas em PBL. Sua arquitetura modular possibilita a formulação de problemas com diferentes níveis de complexidade, nos quais os participantes devem escolher sensores e atuadores adequados, definir estratégias de controle e avaliar o comportamento do robô frente aos desafios propostos. Essa flexibilidade favorece a adaptação das atividades aos objetivos pedagógicos e ao nível de conhecimento dos estudantes.

Além disso, a possibilidade de rápida substituição de módulos incentiva a experimentação e o aprendizado a partir do erro, aspectos centrais do PBL. Dessa forma, o projeto não apenas

atende a requisitos técnicos e econômicos, mas também se configura como uma ferramenta pedagógica compatível com metodologias ativas, contribuindo para o desenvolvimento do pensamento crítico, da autonomia e da resolução de problemas em contextos de educação formal e não formal.

2.4 OPORTUNIDADES E DESAFIOS

A robótica educacional oferece diversas oportunidades para o processo de ensino-aprendizagem. Entre os principais benefícios estão o desenvolvimento do pensamento crítico, da criatividade, da resolução de problemas e do trabalho colaborativo. A montagem e programação de robôs estimulam a capacidade de resolver problemas de forma inovadora e fortalecem o trabalho em equipe. Além disso, a robótica permite que os alunos experimentem a interdisciplinaridade de forma prática, conectando conceitos de matemática, ciências, engenharia e programação, o que amplia a compreensão e a aplicação dos conteúdos curriculares (Silva et al., 2024).

No contexto da robótica educacional, diversos kits de aprendizado já se encontram consolidados no mercado e são amplamente utilizados em ambientes educacionais. Entre os exemplos mais conhecidos está o LEGO® Mindstorms®, que se destaca por oferecer um ecossistema completo e robusto, composto por hardware de alta qualidade, ambiente de programação amigável, materiais didáticos estruturados e ampla comunidade de usuários. Apesar dessas vantagens, seu uso no contexto brasileiro é severamente limitado pelo alto custo, com o kit mais básico partindo de aproximadamente R\$ 1.700, podendo ultrapassar R\$ 15.000 em versões mais completas, o que o torna inviável para a maioria das escolas públicas e organizações não governamentais.

Outro exemplo relevante é o Edison Robot, um produto já consagrado no mercado internacional de robótica educacional. O Edison apresenta facilidade de uso e integração com diferentes linguagens de programação, sendo adotado em diversos projetos educacionais. Contudo, seu custo unitário em torno de 60 dólares, aliado à baixa variedade de módulos oficiais disponíveis, limita sua atratividade em contextos que demandam maior flexibilidade pedagógica e escalabilidade, especialmente em países com restrições orçamentárias.

Além desses kits amplamente conhecidos, existem também kits pré-prontos de menor custo, disponíveis no mercado nacional, com valores que variam aproximadamente entre R\$ 150 e R\$ 400. Embora mais acessíveis, esses kits apresentam limitações importantes. Em muitos casos, tratam-se apenas de conjuntos de sensores e atuadores agregados, sem uma proposta pedagógica clara ou atividades estruturadas, o que exige a atuação de um profissional qualificado para planejar e conduzir as práticas educacionais. Em outros casos, são kits desenvolvidos para propósitos muito específicos, como seguidores de linha ou robôs de desvio de obstáculos, não permitindo reaproveitamento ou adaptação para outras atividades, o que reduz seu valor educacional a longo prazo.

Apesar das oportunidades proporcionadas pelos kits e pela prática da robótica, a implementação educacional enfrenta outros desafios significativos. A infraestrutura é um deles: muitas escolas, especialmente em áreas de baixa renda, não possuem recursos suficientes para adquirir kits de robótica ou manter laboratórios equipados. A formação de professores também é crítica, pois eles precisam dominar tanto os aspectos técnicos quanto pedagógicos da robótica para orientar os alunos de forma eficaz (Pittí et al., 2013) (Pienimäki et al., 2021)

Apesar dos desafios, a robótica educacional representa uma oportunidade estratégica para promover inovação pedagógica e inclusão tecnológica. Quando bem implementada, pode transformar o ambiente escolar, engajando os alunos, despertando vocações para áreas de

STEM e contribuindo para o desenvolvimento de competências essenciais para o futuro (Bers, 2018)(Moran, 2015)

2.5 CONCLUSÃO

O Capítulo 2 apresentou a fundamentação teórica da robótica educacional, destacando seus conceitos, aplicações e os principais desafios e oportunidades relacionados à sua utilização. Observou-se que, diferentemente da robótica voltada à indústria ou à pesquisa, a robótica educacional tem como propósito central apoiar os processos de ensino e aprendizagem, proporcionando ambientes de experimentação prática e interdisciplinar. Além disso, sua aplicação em contextos formais e não formais, como escolas e ONGs, mostrou-se eficaz no desenvolvimento de competências essenciais, incluindo pensamento crítico, criatividade, resolução de problemas e colaboração.

Entretanto, também foram identificadas barreiras que dificultam a plena inserção da robótica na educação, como os altos custos dos kits de aprendizado, a falta de infraestrutura em instituições de ensino e a necessidade de formação docente adequada. Apesar disso, as oportunidades superam os desafios quando há investimento e planejamento pedagógico consistente. A robótica educacional, portanto, deve ser compreendida não apenas como uma ferramenta tecnológica, mas como um recurso pedagógico estratégico, capaz de transformar práticas educativas e preparar os estudantes para as demandas do século XXI.

3 DESENVOLVIMENTO

Este capítulo apresenta o processo de desenvolvimento do projeto, tanto nos quesitos teóricos quanto práticos. O desenvolvimento do projeto seguiu os paradigmas metodológicos do Design Science Research (DSR), uma metodologia que tem como foco desenvolver soluções inovadoras para problemas concretos por meio da criação de um artefato.

3.1 APLICAÇÃO DO DESIGN SCIENCE RESEARCH

Este trabalho adota a metodologia Design Science Research (DSR) por tratar-se de uma abordagem adequada ao desenvolvimento de soluções tecnológicas voltadas à resolução de problemas reais, por meio da construção e avaliação de artefatos. No contexto desta pesquisa, o DSR orientou todo o processo de concepção, desenvolvimento e análise do kit de robótica educacional modular.

O problema que motiva o estudo consiste na dificuldade de acesso a kits de robótica educacional em contextos de educação não formal, especialmente em ONGs, devido ao alto custo, à complexidade de uso e à baixa flexibilidade das soluções comerciais disponíveis. A partir dessa lacuna, definiu-se como objetivo a criação de um artefato de baixo custo, modular, acessível e facilmente replicável.

A etapa de projeto e construção do artefato corresponde ao desenvolvimento do robô modular descrito neste capítulo, envolvendo decisões de design mecânico, eletrônico e de software, fundamentadas tanto em requisitos técnicos quanto educacionais. O uso de impressão 3D, da plataforma Arduino e de módulos intercambiáveis com pogo pins materializa essas decisões.

A demonstração do artefato ocorre por meio da implementação funcional do robô e da validação de que seus módulos podem ser conectados, substituídos e utilizados conforme o proposto, atendendo aos requisitos definidos inicialmente. Os resultados apresentados indicam que o artefato cumpre seu propósito técnico e operacional.

Quanto à avaliação, o projeto encontra-se atualmente em uma fase preliminar, limitada à verificação funcional e à análise qualitativa de viabilidade técnica e econômica. Avaliações empíricas com usuários finais, como educadores e estudantes, não foram realizadas nesta etapa, sendo previstas como desdobramento futuro do trabalho.

Dessa forma, o projeto situa-se no primeiro ciclo do Design Science Research, concentrando-se nas etapas de identificação do problema, construção e demonstração do artefato, com uma avaliação inicial de caráter técnico. Ciclos futuros poderão aprofundar a avaliação educacional do kit, refinando o artefato a partir de feedbacks práticos e ampliando sua contribuição científica e social.

3.2 CONCEPÇÃO TÉCNICA

A concepção técnica do robô móvel foi orientada pela necessidade de criar uma plataforma compacta, modular e de fácil utilização em atividades educacionais. Durante a fase inicial, foram avaliadas diferentes alternativas de hardware e estratégias de modularização, considerando critérios como dimensões, processamento, custo e confiabilidade. Nesse processo, analisaram-se microcontroladores de famílias como ESP32, STM32 e até mesmo computadores de placa única, como o Raspberry Pi. Apesar de oferecerem maior poder de processamento e

recursos adicionais, essas opções foram consideradas excessivas para os objetivos do projeto, além de apresentarem custo mais elevado e maior complexidade de implementação. Assim, definiu-se a utilização do Arduino Pro Micro, baseado no ATmega32u4, por oferecer um bom equilíbrio entre simplicidade, custo e compatibilidade com a IDE Arduino, o que facilita a programação e o uso em contextos educacionais.

O chassi do robô foi projetado com dimensões aproximadas de $12 \times 15 \times 3$ cm e fabricado por meio de impressão 3D. Essa escolha possibilita alta reprodutibilidade, permitindo que diferentes grupos possam replicar o projeto de forma acessível, além de oferecer flexibilidade para adaptações e modificações estruturais de acordo com necessidades específicas. O sistema de locomoção é composto por dois motores de corrente contínua com caixa de redução e eixo duplo, controlados por meio de uma ponte H, solução que garante simplicidade e confiabilidade no deslocamento.

No que se refere à alimentação, optou-se pela utilização de uma bateria recarregável do tipo 18650, com recarga via USB-C. Essa escolha foi feita em detrimento do uso de pilhas ou baterias descartáveis, visando maior durabilidade, redução de resíduos e praticidade no processo de recarga.

A modularização dos sensores e atuadores foi concebida como um dos pontos centrais do projeto. O robô oferece três espaços dedicados para a inserção de módulos externos, de modo a permitir diferentes configurações de acordo com a aplicação. Para a conexão desses módulos, foram escolhidos pogo pins (pinos de contato por mola) de cinco contatos, que, embora mais caros que conectores convencionais como jumpers ou headers, garantem confiabilidade elétrica e facilidade de encaixe, além de dispensarem o uso de cabos ou soldagens. Essa característica favorece a rápida substituição dos módulos, elemento fundamental em atividades práticas de ensino.

Assim, a concepção técnica do robô buscou equilibrar miniaturização, baixo custo e praticidade, resultando em uma arquitetura adequada para fins educacionais e que favorece a experimentação com diferentes sensores e atuadores.

3.3 DESIGN DETALHADO

3.3.1 Estrutura mecânica e design das peças

O design das peças do robô foi desenvolvido com foco na simplicidade de fabricação e na reprodutibilidade do projeto. Para isso, optou-se pela utilização de impressão 3D em tecnologia FDM. As peças foram projetadas de forma a garantir robustez estrutural, ao mesmo tempo em que mantêm dimensões compactas e conveniência na montagem.

O processo de design foi realizado utilizando o *Onshape*, um software gratuito de modelagem CAD que opera diretamente no navegador. Essa escolha permitiu maior acessibilidade ao projeto, eliminando a necessidade de instalação de software dedicado, além de facilitar o compartilhamento rápido dos modelos entre diferentes usuários, característica relevante em contextos educacionais e colaborativos.

Após a etapa de modelagem, as peças foram exportadas no formato STL e importadas no fatiador *Orca Slicer*, uma ferramenta gratuita e de código aberto amplamente utilizada na comunidade de impressão 3D. O formato das peças foi projetado de modo a permitir impressões totalmente sólidas, sem comprometer o consumo de material, resultando em componentes estruturalmente resistentes e, ao mesmo tempo, econômicos.

O material utilizado para a fabricação das peças foi o filamento PLA, escolhido por seu baixo custo, ampla disponibilidade no mercado e facilidade de impressão. Essas características tornam o PLA especialmente adequado para ambientes educacionais, onde confiabilidade do

processo e simplicidade operacional são fatores importantes. Essa combinação de ferramentas e materiais contribui para a reprodutibilidade do projeto e reforça seu alinhamento com a proposta de baixo custo e fácil replicação.

A escolha pela impressão 3D permitiu a criação de um chassi modular e facilmente ajustável, de modo que modificações no modelo podem ser realizadas sem grande complexidade, atendendo às necessidades específicas de cada grupo ou aplicação. Além disso, o consumo de material mostrou-se bastante econômico: o conjunto completo de peças impressas demandou menos de 100 gramas de filamento, o que reduz custos e torna a replicação do projeto ainda mais acessível.

O suporte para motores, que pode ser visto na imagem 3.1, foi pensado para os motores mais comumente utilizados na plataforma de projetos com Arduino, que são os motores DC com caixa de redução. A montagem dos motores no suporte que pode ser observada na imagem 3.2 é simples e pensada para a fácil substituição dos mesmos.

A separação do suporte dos motores do chassi foi pensada para facilitar a impressão da peça, utilizando menos suportes e mantendo a integridade estrutural, ao imprimir a maior parte do robô no eixo de maior resistência das camadas de impressão, e posteriormente os suportes podem ser facilmente colados com adesivo instantâneo na etapa de montagem.

Os módulos construídos para este projeto foram: (a) um módulo sensor de distância utilizando o HC-SR04 (figura 3.5(a)); (b) um módulo atuador com LED RGB (figura 3.5(b)); e (c) um módulo atuador com buzzer ativo (figura 3.5(c)). Esses módulos foram escolhidos pelo seu baixo custo e alto valor didático

O módulo de bateria, como pode ser visto na figura 3.6 é responsável pelo fornecimento de energia ao robô e foi projetado para ser facilmente acoplado ao corpo principal por meio de um conector pogo pin de dois pinos, garantindo praticidade na montagem e substituição. Ele utiliza uma bateria do tipo 18650, escolhida pela boa relação entre capacidade, durabilidade e disponibilidade no mercado. O módulo também integra um circuito de carregamento para baterias de íons de lítio, equipado com porta USB-C, permitindo a recarga sem a necessidade de remover a bateria de dentro do módulo.

Na figura 3.7 pode ser observado que o chassi possui uma abertura que permite a conexão de um cabo USB-C diretamente ao Arduino, necessitando apenas da remoção do módulo da bateria. Essa solução foi adotada para permitir a programação do microcontrolador sem a necessidade de desmontar o robô, preservando a praticidade de uso.

Por fim, podemos ver a junção de todas as decisões de design na imagem 3.8.

3.3.2 Componentes eletrônicos

A lista completa de componentes e preços pode ser encontrada na tabela 3.1. Os preços apresentados na tabela são em sua maioria valores aproximados levando em conta a compra de componente unitários através de sites nacionais e internacionais durante o segundo semestre de 2025.

3.4 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do robô modular seguiu uma abordagem orientada pela metodologia Design Science Research, permitindo que decisões técnicas fossem fundamentadas tanto em requisitos práticos quanto educacionais. O processo abrangeu desde a análise de alternativas de hardware até a definição de uma arquitetura modular capaz de acomodar diferentes sensores e atuadores de forma simples e confiável.

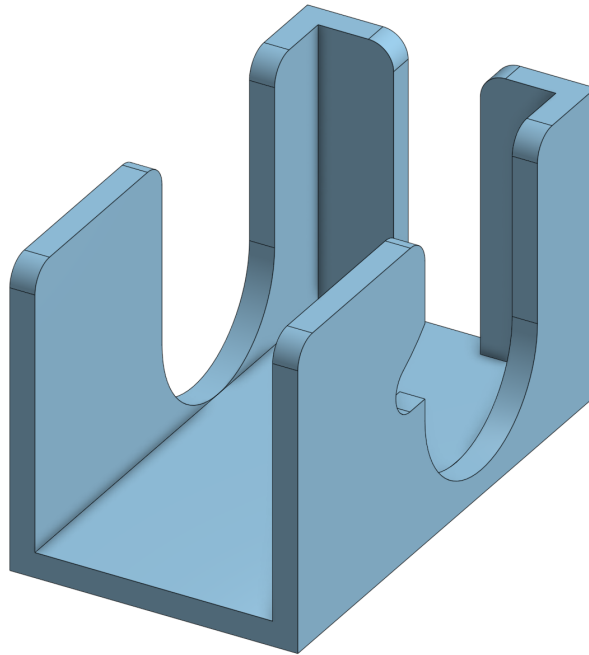
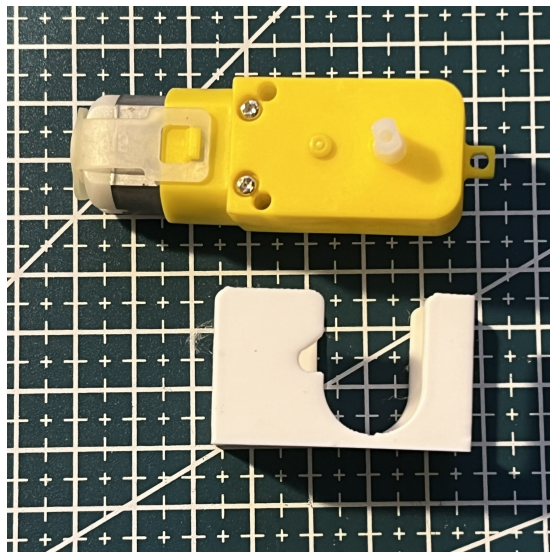


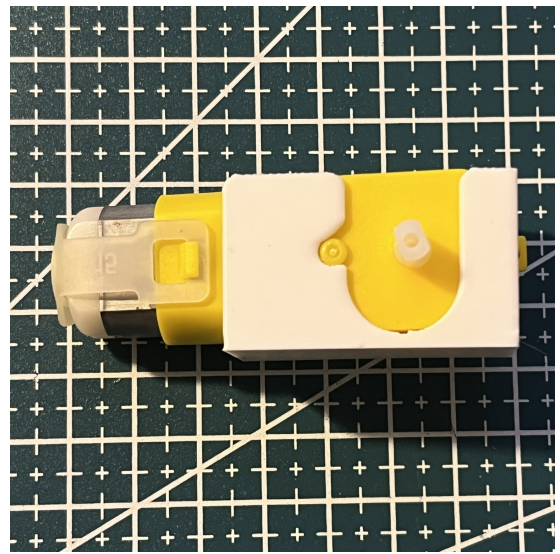
Figura 3.1: Suporte para motores

Tabela 3.1: Lista de Componentes

Quantidade	Item	Valor (R\$)
1	Arduino Pro Micro	25,00
2	Motor DC com caixa de redução	21,80
2	Roda Kit Arduino 68mm	(incluso no kit motor+roda)
1	Bateria 18650 4.2V	10,00
1	Módulo carregador de bateria de lítio TP4056	7,00
3	Pogo pin de 5 terminais	35,00
1	Pogo pin de 2 terminais	12,00
1	Ponte-H drv8833	7,50
1	Sensor de distância HC-SR04	8,00
1	LED RGB	0,15
1	Buzzer ativo	1,00
2	Resistor de 220 Ω	0,10
1	Placa perfurada dupla face 40mm x 60mm	7,50
1	Placa perfurada dupla face 50mm x 70mm	8,00
1	Placa perfurada dupla face 20mm x 80mm	2,00
4	Parafuso M2x8	2,00
6	Parafuso M2x20	3,00
100g	Filamento PLA	8,00
Total		≈158,05



(a) Motor separado do suporte



(b) Motor encaixado no suporte

Figura 3.2: Montagem do motor no suporte

A escolha do Arduino Pro Micro, do chassi impresso em 3D e da utilização de baterias recarregáveis refletiu a busca por um equilíbrio entre custo, acessibilidade e facilidade de replicação. Além disso, o conjunto de componentes adotado apresentou um custo total reduzido, o que viabiliza a construção do robô com investimento modesto e compatível com o uso em ambientes educacionais, onde os recursos disponíveis costumam ser limitados.

A adoção de pogo pins como interface de conexão reforçou o caráter modular e educacional do projeto, ao facilitar a substituição rápida de componentes e incentivar a experimentação. O baixo custo de fabricação, incluindo o consumo mínimo de filamento para as peças impressas, contribui adicionalmente para a viabilidade da replicação do projeto em múltiplas unidades.

Para complementar a descrição do funcionamento do protótipo, foi produzido um vídeo demonstrativo que apresenta o robô em operação, bem como a utilização dos módulos desenvolvidos (Jabczenski, 2025)

Por fim, o conjunto de decisões apresentadas ao longo do capítulo resultou numa plataforma compacta, eficiente e economicamente acessível, oferecendo uma base sólida para a implementação, expansão e avaliação do artefato desenvolvido.

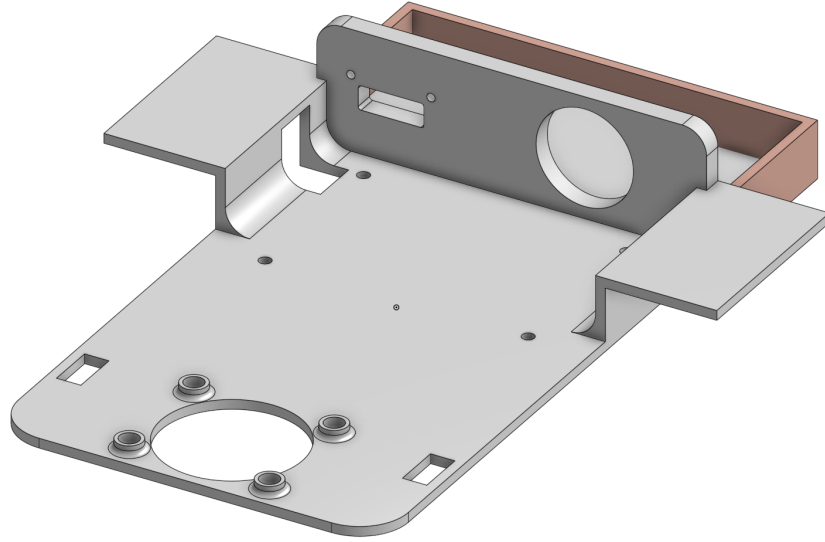


Figura 3.3: Chassi

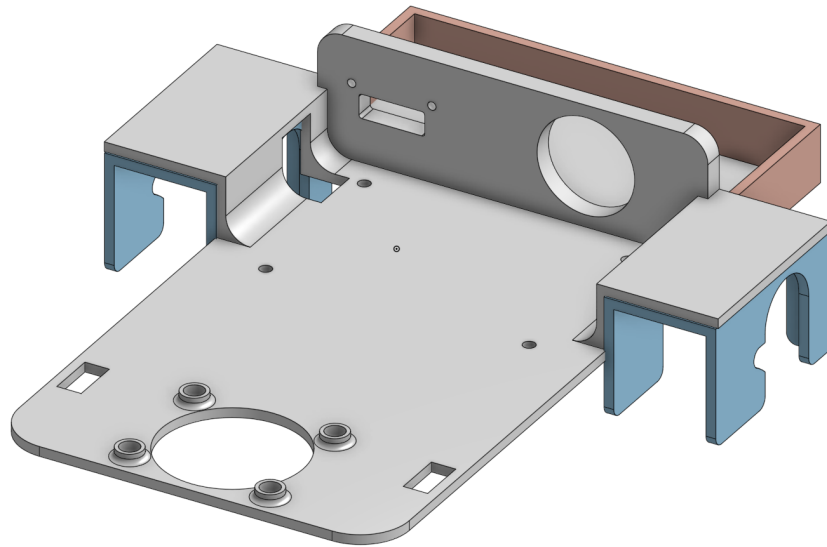
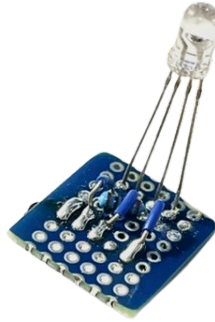


Figura 3.4: Partes Montadas



(a) Módulo-Sensor HC-SR04



(b) Módulo-Atuador Led RGB



(c) Módulo-Atuador Buzzer Ativo

Figura 3.5: Módulos

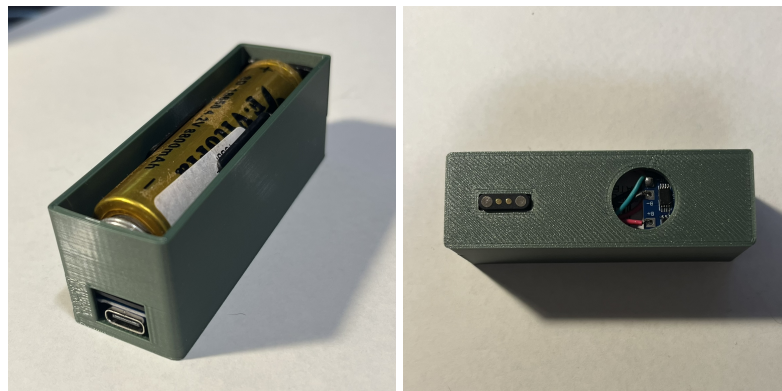


Figura 3.6: Módulo de Bateria

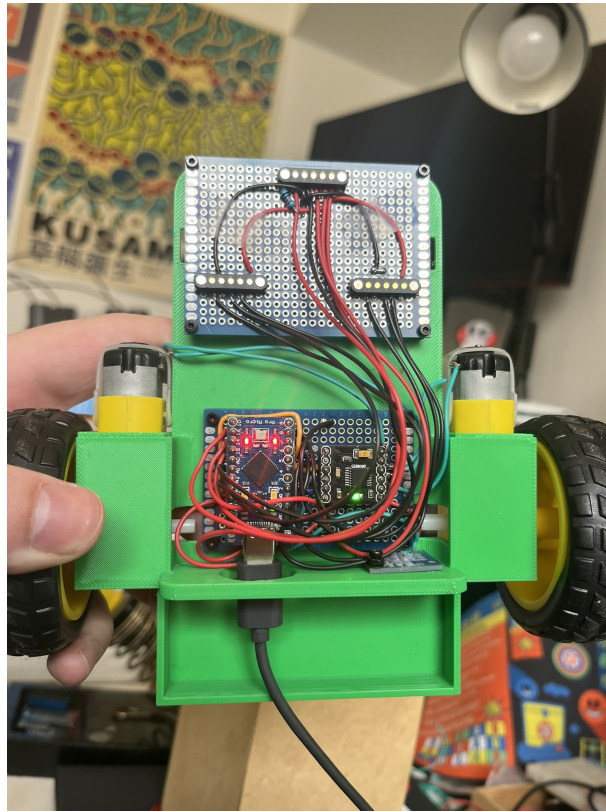


Figura 3.7: Robô conectado para programação



Figura 3.8: Robô finalizado

4 CONCLUSÃO

Este capítulo apresenta os principais resultados alcançados com o desenvolvimento do projeto e indica possíveis melhorias e desdobramentos para trabalhos futuros.

4.1 RESULTADOS

Os resultados do projeto mostram que foi possível atender à necessidade identificada de um kit de robótica acessível, de baixo custo e com potencial de expansão. A solução proposta, baseada em um robô modular com conexão magnética entre os módulos e o chassi principal, demonstrou ser prática e flexível, permitindo a troca rápida de sensores e atuadores e favorecendo a criação de diferentes atividades sem depender de um conjunto fixo de componentes.

O uso de impressão 3D e de peças de fácil aquisição possibilitou a construção de um robô móvel funcional com três módulos ao custo aproximado de 160 reais, considerando preços atuais. Esse valor reduzido, somado à adoção do ecossistema Arduino, que oferece ampla documentação e vasto material de apoio, torna o projeto acessível mesmo para instituições com recursos limitados. Como resultado, o robô desenvolvido se mostra uma alternativa viável para aplicações educacionais que demandam baixo custo, simplicidade e capacidade de adaptação.

4.2 AVALIAÇÃO EDUCACIONAL PROPOSTA

Embora o presente trabalho tenha se concentrado no desenvolvimento e na validação técnica do artefato, a avaliação de seus impactos educacionais pode ser aprofundada em etapas futuras. Nesse contexto, destaca-se a possibilidade de utilização do Instrumento para Mensurar Atitudes em Relação à Robótica, um questionário validado na literatura e amplamente empregado para avaliar percepções, atitudes e disposições dos estudantes em relação ao uso da robótica em atividades educacionais.

Esse instrumento permite mensurar aspectos como interesse, motivação, autoconfiança, utilidade percebida e engajamento dos participantes antes e após a realização das atividades. Sua aplicação é especialmente relevante em projetos de robótica educacional, pois possibilita avaliar não apenas resultados técnicos, mas também efeitos formativos e atitudinais, alinhados aos objetivos pedagógicos da proposta.

No contexto deste projeto, o instrumento poderia ser aplicado em um modelo de pré-teste e pós-teste, envolvendo estudantes participantes de oficinas ou atividades conduzidas com o kit de robótica modular desenvolvido. A comparação dos resultados permitiria identificar possíveis mudanças nas atitudes em relação à robótica, contribuindo para uma avaliação mais completa do artefato sob a perspectiva educacional.

A incorporação desse tipo de avaliação fortaleceria a etapa de avaliação do Design Science Research, ampliando o rigor metodológico do trabalho e fornecendo evidências empíricas sobre o impacto do kit no processo de aprendizagem. Dessa forma, a aplicação do instrumento é indicada como um desdobramento futuro, alinhado a ciclos posteriores do DSR, nos quais o foco passa a ser a validação educacional do artefato em ambientes reais de uso.

4.3 MELHORIAS PROPOSTAS

Alguns aspectos do projeto podem ser aprimorados em versões futuras. O design do chassi e dos módulos priorizou a eficiência de produção e a rapidez de impressão, o que resultou em estruturas leves e simples. Dependendo da faixa etária dos usuários, especialmente em contextos escolares com uso mais intenso, pode ser interessante aumentar a robustez das peças, reforçando pontos estruturais e adotando geometrias que reduzam a chance de quebra.

Outra melhoria relevante diz respeito à disponibilidade de interfaces de comunicação. Atualmente, os módulos utilizam apenas os pinos digitais e analógicos padrão do Arduino, o que limita o uso de sensores mais sofisticados. A exposição das conexões UART e I2C no sistema de módulos permitiria maior flexibilidade, possibilitando a criação de módulos mais avançados e ampliando o potencial educacional do robô.

REFERÊNCIAS

- Bers, M. U. (2018). *Coding as a Playground: Programming and Computational Thinking in the Early Childhood Classroom*. Routledge, New York.
- de Jesus Santana, L., Alves, S. K. e Santos, M. C. (2019). Robótica como ferramenta criativa para o ensino de matemática em organizações não governamentais (ONGs). *Revista Expressão Científica (REC)*, 4(2):63–75.
- Dias, R. e Smith, A. (2018). Making in brazil: Can we make it work for social inclusion? Relatório técnico, ResearchGate.
- Jabczenski, J. L. V. (2025). Vídeo demonstrativo do kit de robótica educacional modular. YouTube. Acesso em: dez. 2025.
- Jeon, B. e Park, J. W. (2016). Implementation of a modular robotic construction kit that fully supports science, technology, engineering, art, and mathematics education. *Advanced Science Letters*, 22(11):3464–3468.
- Luciano, A. P. G., Fusinato, P. A. e Gomes, L. C. (2019). The educational robotics and Arduino platform: constructionist learning strategies to the teaching of physics. *Journal of Physics: Conference Series*, 1286(1):012044.
- Moran, J. (2015). Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. Em Bacich, L. e Moran, J., editores, *Metodologias Ativas para uma Educação Inovadora*. Penso, Porto Alegre.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. Basic Books, New York.
- Pienimäki, M., Kinnula, M. e Iivari, N. (2021). Finding fun in non-formal technology education. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 29:100283.
- Pittí, K., Curto, B., Moreno, V. e Rodríguez, M. J. (2013). Resources and features of robotics learning environments (rles) in spain and latin america. Em *Proceedings of the First International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality (TEEM '13)*, páginas 315–322, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- Ribeiro, C. E., de F. G. Trindade, D., Palácios, R. H. C. e Todt, E. (2023). Exploring the use of educational robotics in non-formal learning environments: A systematic mapping. Em *Anais do XXIX Workshop de Informática na Escola (WIE)*, páginas 1–12, Brasil. DOI: 10.5753/wie.2023.235277.
- Ribeiro, C. E., Palácios, R. H. C. e Todt, E. (2024). Narração de historinhas para crianças da educação não formal para introduzir conceitos de robótica. Em *Simpósio Brasileiro de Computação*, páginas 1–10, Brasil.
- Silva, F., Feitosa, R., Mello, H., Feitosa, J. e Marinus, N. (2024). Um estudo de caso sobre o ensino da robótica educacional no ensino fundamental ii. Em *Anais da XII Escola Regional de Computação do Ceará, Maranhão e Piauí*, páginas 51–60, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.

- Susilo, E., Liu, J., Rayo, Y. A. e Peck, A. M. (2016). STORMLab for STEM education: An affordable modular robotic kit for integrated science, technology, engineering, and math education. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 23(2):47–55.
- Takacs, A., Eigner, G., Kovacs, L. e Rudas, I. J. (2016). Teacher's kit: Development, usability, and communities of modular robotic kits for classroom education. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 23(2):30–39.
- Tosato, P. e Baschiera, B. (2013). Educational robotics and social inclusion. Em *The Joy of Learning*, páginas 591–598, Oslo.
- Yiannoutsou, N., Nikitopoulou, S., Kynigos, C., Gueorguiev, I. e Angel-Fernandez, J. (2017). *Activity Plan Template: A Mediating Tool for Supporting Learning Design with Robotics*, volume 457.