

MannaIno: Uma Abordagem Remota Baseada em Robótica Educacional e Cultura Maker para Fortalecimento do Engajamento Feminino em STEAM

Felippe Fernandes da Silva¹, Milena de Alencar Masquietto¹,
Linnyer Beatrys Ruiz Aylon¹

¹Universidade Estadual de Maringá (UEM) – Maringá, PR – Brasil

felippefernandes10@gmail.com, alencarmasq@gmail.com, lbruiz@uem.br

Abstract. *This study presents the application of the MannaIno kit as a remote approach based on educational robotics and maker culture aimed at promoting female engagement in STEAM. The proposal employed active learning methodologies to foster technical and socio-emotional skills among students in technology and engineering fields. A total of 10 female students participated in the study, and the results were analyzed using the VARK questionnaire and the SOLO Taxonomy. The findings indicated a predominance of the kinesthetic learning style and advances in conceptual understanding, highlighting the effectiveness of the hands-on approach. The results suggest that such initiatives can contribute to reducing gender disparities in STEAM fields.*

Resumo. *Este estudo apresenta a aplicação do kit MannaIno como abordagem remota baseada em robótica educacional e cultura maker voltada ao engajamento feminino em STEAM. A proposta utilizou metodologias ativas para promover competências técnicas e socioemocionais em estudantes das áreas de tecnologia e engenharia. Participaram da pesquisa 10 alunas, cujos resultados foram analisados por meio do questionário VARK e da Taxonomia SOLO. Os resultados indicaram predominância do estilo de aprendizagem cinestésico e avanços na compreensão conceitual, destacando a efetividade da abordagem prática. Os achados sugerem que essas iniciativas podem contribuir para a redução das disparidades de gênero em áreas STEAM.*

1. Introdução

Durante a pandemia de COVID-19, os educadores enfrentaram a necessidade de adaptar suas práticas pedagógicas para garantir a continuidade do processo de ensino-aprendizagem em um contexto remoto. Esse cenário demandou não apenas a superação de desafios técnicos e comportamentais, mas também a implementação de estratégias inovadoras por parte dos docentes [Britto and Furtado 2023, da Silva and Bortolato 2025].

A área tecnológica foi profundamente afetada pelo distanciamento social, o que restringiu a transmissão do conhecimento a aulas predominantemente teóricas. Nesse contexto, a cultura maker, essencial para a formação prática em cursos de engenharia e computação, tornou-se inviável, ainda que a integração entre teoria e prática seja fundamental para o desenvolvimento profissional dos discentes [da Silva and Aylon 2022].

No período pós-pandêmico, observou-se um crescente incentivo à robótica, com diversos autores dedicando-se a investigar sua aplicação como ferramenta para superar os

desafios educacionais emergentes. Estudos como os de Arruda et al. (2024), Sousa e Dias (2023) e Garcez et al. (2025) demonstram a relevância dessa abordagem na busca por soluções inovadoras no contexto educacional.

Embora já existissem técnicas associadas à cultura da inovação [Aksoy et al. 2017] e a metodologias ativas baseadas em problemas e desafios [Morán 2015], a educação ainda era realizada no modelo um para muitos (um professor para muitas alunas, um autor de livro didático para muitas alunas, uma sala de aula física para muitas alunas mantendo todas focadas em um mesmo conteúdo ao mesmo tempo e no mesmo lugar).

Desde a educação básica é importante considerar a formação de cidadãos ágeis e capazes de tomar decisões em situações desafiadoras e que possam contribuir para um mundo melhor, inclusive considerando os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável definidos pela ONU¹. Paralelamente, a Sociedade Brasileira de Computação (SBC) tem fomentado iniciativas voltadas à inclusão do público feminino em áreas tecnológicas [Ribeiro et al. 2019], com ênfase em disciplinas que englobam robótica, programação e a abordagem da cultura maker [Aguilar et al. 2024b].

Dessa forma, este estudo tem como objetivo apresentar um estudo remoto utilizando a cultura maker, direcionado exclusivamente para mulheres, visando promover a inclusão de mulheres em áreas tecnológicas, suprir as deficiências práticas decorrentes do ensino remoto durante a pandemia de COVID-19 e estimular o desenvolvimento de competências técnicas, criativas e colaborativas.

2. Fundamentação Teórica

Nesta seção, serão apresentados os conceitos fundamentais para a compreensão do trabalho desenvolvido, com o intuito de evidenciar a relevância da proposta e embasar teoricamente o estudo realizado.

2.1. Educação 5.0

A literatura aponta que educadores têm utilizado tecnologias inovadoras como forma de atender às necessidades individuais dos estudantes [Engelbrecht et al. 2020], ao passo que os discentes fazem uso intensivo dessas tecnologias em comparação com gerações anteriores [Van Broekhuizen et al. 2016]. Nesse contexto, os ambientes digitais assumem papel relevante na promoção da colaboração, ao favorecerem práticas educativas fundamentadas na equidade, diversidade e inclusão, contribuindo para a superação de desigualdades socioeconômicas e culturais [Bolaños Zárate and Salinas Espinosa 2020].

Dessa forma, a Educação 5.0 propõe que os estudantes atuem como protagonistas de seu próprio processo de aprendizagem, sendo capazes de desenvolver tanto competências técnicas (*hard skills*) quanto habilidades socioemocionais (*soft skills*), integrando conhecimentos específicos de sua área com inteligência social e emocional. Tal perspectiva é corroborada por Silva e Aylon (2022), ao afirmar que a Educação 5.0 preconiza a formação de um profissional que, além de possuir domínio técnico, demonstra proficiência em tecnologia.

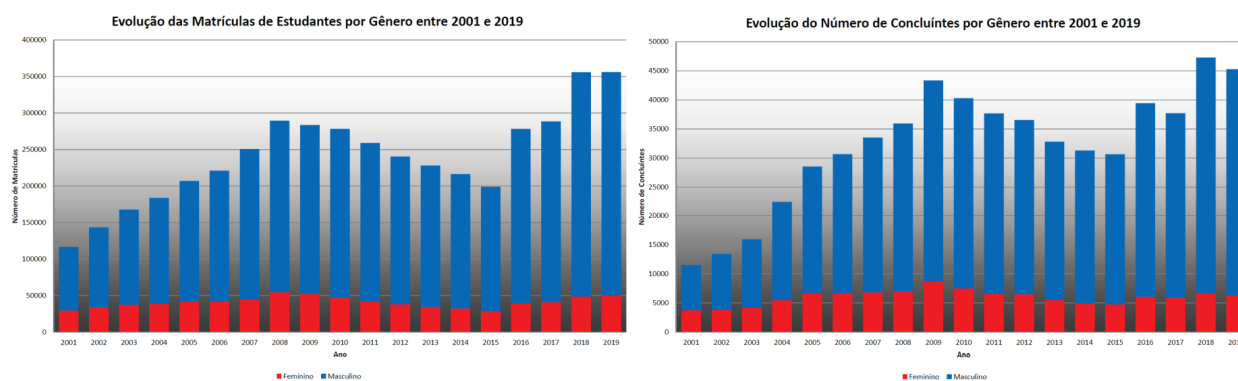
¹<https://odsbrasil.gov.br/>

O conceito de Sociedade 5.0 foi introduzido pelo governo japonês em 2016 como parte de uma iniciativa estratégica voltada ao desenvolvimento sustentável da sociedade. Esse conceito abrange, para além dos avanços tecnológicos, dimensões fundamentais como qualidade de vida, inclusão social e sustentabilidade, alinhando-se a uma visão mais humanizada da inovação tecnológica [Shiroishi et al. 2018].

2.2. Mulheres em STEAM

De acordo com a SBC (2019), no Brasil a cada 7 estudantes matriculados em cursos de computação, apenas 1 é do sexo feminino. Da mesma forma, o número de matrículas de estudantes do sexo feminino na computação entre os anos de 2001 e 2019 é muito inferior ao de homens matriculados no mesmo curso. Isso pode ser verificado na Figura 1 e reforçada no trabalho de Aguiar et al. (2024a).

Figura 1. Dados da SBC sobre a participação de mulheres na área de tecnologia da informação.



Fonte: SBC (2019).

Considerando a importância da inclusão de mulheres em áreas relacionadas à STEAM (Science (Ciência), Technology (Tecnologia), Engineering (Engenharia), Arts (Artes) e Mathematics (Matemática)), este estudo foi desenvolvido exclusivamente com a participação de alunas do sexo feminino. Essa abordagem busca fomentar o interesse de meninas por campos historicamente dominados por homens, contribuindo para a redução das disparidades de gênero no contexto científico e tecnológico.

2.3. Metodologias Ativas

Diversos autores descrevem as metodologias ativas de aprendizagem como “pontos de partida” para a progressão em processos mais complexos de reflexão, integração cognitiva, generalização e reelaboração de novas práticas pedagógicas [Fonseca and Mattar 2017]. Compreende-se, portanto, que tais metodologias se fundamentam em abordagens que promovem o desenvolvimento do processo de aprendizagem por meio de experiências reais ou simuladas, com o objetivo de capacitar os estudantes para a resolução de desafios oriundos das atividades essenciais da prática social em contextos variados [Berbel 2011].

No desenvolvimento deste trabalho, optou-se por utilizar algumas metodologias que seriam as mais adequadas para nossas atividades. Entre elas, destacam-se:

Cultura Maker: Buscando o estímulo do pensamento computacional e crítico, o movimento maker é apresentado por Raabe e Gomes (2018) como uma evolução do “Faça Você Mesmo” (*Do-It-Yourself*), que se apropriou de ferramentas tecnológicas como a placa Arduino, impressoras 3D, cortadoras a laser, kits de robótica e máquinas de costura, para incentivar um aprendizado a partir da criação e descoberta.

Dividir para Conquistar: A ideia da divisão e conquista computacional teve início em 1980 com Bentley (1980), quando o autor propôs dividir um problema algorítmico extenso em pequenas partes para que então, o resultado final fosse encontrado. Esse conceito foi levado para a área pedagógica e, assim, aplicada ao ensino. Essa aplicação no meio educacional é apresentada por Denning (2017) o qual explica que as habilidades de design e criação de software, por exemplo, consideram um conjunto de conceitos de resolução de problemas, como representação, divisão e conquista, abstração, ocultação de informações, verificação e raciocínio lógico.

Aprendizagem Baseada em Problemas: A aprendizagem baseada em problemas tem como base os princípios da escola ativa, do método científico, de um ensino integrado e integrador dos conteúdos, dos ciclos de estudo e das diferentes áreas envolvidas, em que as alunas aprendem a aprender e se preparam para resolver problemas relativos às suas futuras profissões [Moran 2018].

Aprendizagem em Pares: É uma metodologia que visa fazer com que as alunas aprendam enquanto debatem entre si, com base em um tema definido pelo professor. Nessa metodologia as alunas são instigadas por perguntas conceituais, direcionadas para indicar suas dificuldades e propiciar uma oportunidade de pensar sobre conceitos desafiadores. Essa técnica promove a interação em sala de aula, com o envolvimento das alunas na abordagem de aspectos críticos da disciplina [Yepes 2020].

2.4. Kits Delivery de Tecnologia

Na literatura, existem algumas iniciativas para explicar hardware, e para popularizar a tecnologia a partir do entendimento da eletrônica e da robótica. O trabalho de Reisslein et al. (2012), utilizou um kit educacional da Snap Circuits como uma ferramenta de ensino de eletrônica, enquanto o trabalho de Pimentel et al. (2025) utilizou o kit LEGO Mindstorms para o ensino de lógica de programação.

O trabalho de Cunha et al. (2016) apresenta o DidacTronic, um kit de desenvolvimento e prototipagem para eletrônica digital e analógica de circuitos. DidacTronic é uma plataforma portátil e de baixo custo, cujo objetivo é incluir alunos dos cursos de engenharia elétrica e alunos do ensino médio no mundo inovador da tecnologia e motivá-los a aprender fazendo trabalho de design. Um dispositivo como esse permite que eles vejam os conceitos apresentados nas aulas teóricas, como física e eletrônica. O DidacTronic se conecta a tablets e smartphones, por meio de Módulo Bluetooth do Arduino, para que os alunos possam usá-los como um visor para monitorar sinais, entradas e saídas dos circuitos.

Por fim, o estudo de Silva e Aylon (2022) apresenta dois kits educacionais: o MannaVolt, voltado ao ensino de eletrônica, e o MannaIno, direcionado ao ensino de robótica. Este último foi o kit adotado como base para o relato deste presente trabalho.

2.5. Como medir?

Dentre as técnicas e modelos analisados, a literatura especializada destaca a utilização de instrumentos de avaliação, estruturas taxonômicas e fundamentos pedagógicos, entre os quais se incluem o Questionário VARK (**V**isual, **A**uditory, **R**ead/**W**rite, **K**inesthetic) e a Taxonomia SOLO (*Structure of the Observed Learning Outcome*).

Embora diversas ferramentas sejam empregadas para investigar os estilos de aprendizagem de discentes, o questionário *Visual-Aural-Read/Write-Kinesthetic* (VARK) destaca-se por sua simplicidade, disponibilidade gratuita e facilidade de aplicação. Esse instrumento permite que as alunas descrevam seus comportamentos de aprendizagem de modo a identificar suas preferências sensoriais. Seu principal objetivo é determinar a(s) modalidade(s) sensorial(is) predominante(s) no processo de aprendizagem das discentes. Os docentes podem utilizar essas informações para adaptar suas estratégias pedagógicas, potencializando a assimilação de conhecimento. Adicionalmente, as próprias alunas podem empregar esses dados para otimizar seus métodos de estudo [Urval et al. 2014].

O questionário VARK [Fleming and Mills 2001] é dividido em quatro modalidades sensoriais de ensino/aprendizagem que são:

Visual: Inclui a representação de informações em mapas, diagramas, gráficos, fluxogramas, diagramas rotulados e outros dispositivos apresentados visualmente.

Auditivo: Descreve uma preferência por informações que são “ouvidas ou faladas”. As alunas que têm isso como sua principal preferência relatam que aprendem melhor com palestras, discussões em grupo, usando telefones celulares e conversando.

Leitura-Escrita: Essa preferência é para informações exibidas como palavras. Não é de surpreender que muitos professores e alunos tenham uma forte preferência por esse modo. Pessoas que preferem esta modalidade utilizam PowerPoint, Internet, listas, diários, citações e palavras.

Cinestésico: Por definição, esta modalidade se refere a “preferência perceptual relacionada ao uso da experiência e prática (simulada ou real)”. Inclui demonstrações, simulações, vídeos e filmes de coisas “reais”, bem como estudos de caso, práticas e aplicações.

Já a Taxonomia SOLO (cuja denominação origina-se do acrônimo *Structure of the Observed Learning Outcome*) tem como finalidade principal avaliar, em uma escala de complexidade cognitiva, os processos mentais e o raciocínio envolvidos na aprendizagem. Segundo Biggs e Collis (2014), a aprendizagem significativa ocorre quando o discente atribui sentido ao conhecimento prévio, o que implica a realização de duas ações fundamentais: a assimilação de fatos, habilidades, conceitos ou estratégias de resolução de problemas; e a aplicação desses elementos em contextos relevantes.

A Taxonomia SOLO categoriza cinco níveis de compreensão: (1) Pré-Estrutural, com respostas básicas, sem elementos relevantes; (2) Uniestrutural, com compreensão parcial de alguns aspectos; (3) Multiestrutural, que faz a identificação de todos os elementos, mas sem relações entre eles; (4) Relacional, com a integração dos elementos em uma estrutura coerente; e (5) Abstrato Estendido, que se deve à generalização para contextos mais amplos [Lister et al. 2006].

3. Metodologia

A metodologia deste trabalho foi dividida em quatro fases: i) Preparação do kit; ii) Desenvolvimento do material e Aplicação; iii) Pré e Pós-testes; e iv) Avaliação.

3.1. Preparação do kit

Para a realização deste estudo, foi empregado o kit educacional denominado MannaIno. Fundamentado no princípio da aprendizagem prática (*Do It Yourself*), o MannaIno foi concebido como uma solução portátil que integra componentes eletrônicos essenciais em um sistema modular. A configuração do kit, que é organizado em compartimentos individuais para facilitar o transporte e o armazenamento dos componentes, visa otimizar a experiência didática, permitindo que os estudantes manipulem dispositivos físicos em ambientes diversos, incluindo contextos remotos.

O kit consiste em uma placa microcontroladora Arduino Uno, uma placa de proto-board para montagem de circuitos, e um conjunto de componentes eletrônicos essenciais para experimentos em IoT. Em sua configuração padrão, o kit engloba vinte itens distintos, incluindo resistores, LEDs, sensores e atuadores básicos. Para fins deste estudo, foram produzidas treze unidades completas do kit, das quais dez foram distribuídas às participantes selecionadas. A Figura 2 ilustra a composição completa do kit utilizado no experimento.

Figura 2. Kit Delivery de Tecnologia MannaIno.



3.2. Desenvolvimento do material e Aplicação

Para o desenvolvimento do material didático, foi elaborado um conjunto de recursos pedagógicos com identidade visual padronizada, visando engajar as participantes no processo de aprendizagem. O material consiste em módulos instrucionais organizados em sete unidades temáticas, cada uma com duração de 90 minutos, conforme a seguinte estrutura:

- **Unidade I:** Introdução aos conceitos básicos;

- **Unidade II:** Fundamentos de algoritmo e programação;
- **Unidade III:** Desafios práticos I e II;
- **Unidade IV:** Desafios práticos III e IV;
- **Unidade V:** Desafio V, IoT e distribuição de projetos;
- **Unidade VI:** Dúvidas;
- **Unidade VII:** Apresentação e avaliação dos projetos;

As atividades foram realizadas em formato remoto síncrono e assíncrono ao longo de 22 semanas. As participantes foram organizadas em um ambiente virtual privado, utilizado para compartilhamento de materiais didáticos, tutoriais, vídeos explicativos e resolução de dúvidas.

Os encontros síncronos ocorreram por meio de videoconferência, permitindo demonstrações práticas em tempo real e acompanhamento das montagens realizadas pelas participantes. Durante as atividades, as estudantes compartilhavam dúvidas por mensagens e chamadas ao vivo, enquanto os instrutores acompanhavam a execução dos circuitos por meio de câmera.

Entre as principais dificuldades observadas, destacaram-se limitações de conexão com a internet, dificuldades no posicionamento das câmeras para visualização dos circuitos e insegurança inicial na manipulação dos componentes eletrônicos. Entretanto, observou-se que o acompanhamento contínuo e as atividades colaborativas contribuíram para minimizar tais dificuldades ao longo do curso.

3.3. Pré e Pós-testes

Para avaliação da intervenção pedagógica com o kit MannaIno, foram adotados dois instrumentos complementares: o questionário VARK e a Taxonomia SOLO. O primeiro instrumento foi utilizado para identificar os estilos de aprendizagem predominantes entre as participantes, enquanto o segundo permitiu avaliar os níveis de compreensão conceitual alcançados.

Inicialmente, a aplicação da Taxonomia SOLO baseou-se na análise dicotômica (sucesso/insucesso) dos desafios práticos propostos. Embora todos os grupos tenham obtido sucesso na resolução e apresentação das atividades, constatou-se que essa abordagem binária apresentava limitações para mensurar adequadamente a progressão individual das aprendizes. Diante dessa constatação, desenvolveu-se um protocolo de avaliação mais refinado, empregando os critérios da Taxonomia SOLO de forma sistemática e estratificada.

Para tornar essa aplicação coerente, foi necessário atribuir valores às respostas das perguntas individuais de cada aluna, complementando essa atribuição com a classificação das respostas conforme a taxonomia apresentada. A fim de garantir consistência metodológica na aplicação da Taxonomia SOLO, estabeleceram-se um sistema de pontuação padronizado, no qual cada resposta foi categorizada e quantificada de acordo com critérios predefinidos, associando a valores numéricos específicos. A Tabela 1 apresenta, de forma sistematizada, a nomenclatura utilizada, as descrições conceituais de cada categoria e os respectivos escores atribuídos, permitindo uma avaliação quantitativa e padronizada do desempenho discente.

Embora a tabela mencionada forneça informações para a atribuição de pontuações às respostas, ela não estabelece um fluxo para a avaliação da correção e validação das

Tabela 1. Tabela de respostas da taxonomia SOLO.

Nomenclatura	Descrição	Valor
<i>TC</i>	Totalmente Correta	5 pontos
<i>NR</i>	Não Existe uma Relação de ideias	4 pontos
<i>IA</i>	Ideia Apresentada	3 pontos
<i>PC</i>	Solução Parcialmente Correta	2 pontos
<i>I</i>	Ideia Incorreta	1 ponto
<i>B</i>	Resposta em Branco	0 pontos

mesmas. Diante disso, tornou-se necessária a elaboração de uma árvore de decisão, na qual a estrutura orienta o processo de avaliação por meio de perguntas com respostas do tipo “Sim” ou “Não”. Nessa estrutura, cada nó corresponde a uma pergunta que direciona o avaliador para uma subsequente ou para a atribuição final da pontuação. As transições entre os nós são indicadas por setas, enquanto os terminais determinam a conclusão do processo com a definição da pontuação correspondente. A Figura 3 ilustra essa árvore de decisão em detalhes.

Figura 3. Árvore de Avaliação.

Por fim, visando garantir a qualidade do estudo, dois autores realizaram de forma independente a avaliação das respostas obtidas por meio dos questionários. Em seguida, os resultados das avaliações foram comparados, e eventuais divergências foram discutidas até que se alcançasse um consenso em relação às respostas fornecidas.

3.4. Avaliação

A avaliação do MannaIno requer o recrutamento de participantes, desenvolvimento de atividades pedagógicas e definição de metodologias de aplicação. Para tal, procedeu-se à seleção de instrutores qualificados para a ministração dos cursos, assegurando competência técnica e didática. Paralelamente, estabeleceu-se critérios para a definição do público-alvo, priorizando abordagens educacionais inovadoras. Ao longo do desenvolvimento metodológico, organizou-se sistematicamente uma equipe de participantes, garantindo a adequada execução das atividades propostas.

Os instrutores selecionados precisavam ter formação em áreas como eletrônica, engenharia elétrica ou ciência da computação, com conhecimento teórico e prático alinhado à cultura maker, incluindo experiência em circuitos eletrônicos e Arduino. O recrutamento priorizou estudantes de graduação e pós-graduação em Ciência da Computação e Engenharias de universidades públicas, garantindo a qualificação necessária para as atividades.

Após a seleção dos instrutores qualificados, procedeu-se à definição do público-alvo. O grupo selecionado consistiu exclusivamente em discentes do sexo feminino, com faixa etária entre 18 e 21 anos, matriculadas em cursos de graduação de instituições públicas de ensino superior. Foram incluídas especificamente alunas dos cursos de Engenharia Elétrica, Engenharia Mecânica, Engenharia de Produção e Engenharia de Software, perfis considerados adequados aos objetivos da intervenção proposta.

O recrutamento das participantes ocorreu por meio de divulgação institucional em universidades públicas. Como critérios de inclusão, considerou-se: i) ser estudante regularmente matriculada em cursos de tecnologia ou engenharia; ii) possuir disponibilidade para participação remota nas atividades; iii) ter acesso à internet para acompanhamento das aulas síncronas.

A implementação do MannaIno possibilitou a disseminação simultânea de conhecimento em tempo real, permitindo a execução do projeto em cinco cidades distintas com um total de dez participantes selecionadas conforme a disponibilidade limitada de kits didáticos, que foram enviados aos seus domicílios. Embora as participantes já possuíssem conhecimentos introdutórios teóricos relacionados à programação e circuitos elétricos, nenhuma delas havia desenvolvido atividades práticas utilizando kits físicos de robótica educacional ou montagem real de circuitos eletrônicos com Arduino. Dessa forma, o estudo concentrou-se na redução de lacunas práticas e no fortalecimento da confiança técnica das estudantes.

4. Resultados e Discussões

O estudo foi conduzido com uma amostra de 10 participantes do sexo feminino, as quais responderam aos instrumentos de coleta de dados previamente validados. Para garantir a padronização do processo, as participantes foram organizadas em um ambiente virtual privado, onde receberam orientações sobre o desenvolvimento das atividades e tiveram acesso exclusivo aos materiais didáticos. Esta seção apresenta e discute os principais resultados obtidos, analisando-os à luz do referencial teórico adotado. A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos pelo questionário VARK.

Análise dos estilos da aprendizagem VARK: A aplicação do questionário VARK permitiu identificar os perfis de aprendizagem predominantes entre as participantes. Os resultados revelaram uma forte tendência cinestésica (K), com a maioria das alunas apresentando facilidade em aprendizagens baseadas em experimentação prática, manipulação de objetos e atividades “makers”. Esse dado corrobora a eficácia do MannaIno, que foi desenvolvido sob a premissa do “DIY”, permitindo que as estudantes interagissem diretamente com componentes eletrônicos reais.

A predominância do perfil cinestésico sugere que abordagens exclusivamente expositivas podem não atender adequadamente estudantes de áreas STEAM, especialmente

Tabela 2. Resultados obtidos pelo Questionário VARK.

Participante	V	A	R	K
Aluna 1	2	12	2	11
Aluna 2	6	8	5	13
Aluna 3	7	7	9	9
Aluna 4	7	13	10	14
Aluna 5	9	10	10	14
Aluna 6	2	7	2	11
Aluna 7	8	5	12	13
Aluna 8	4	4	3	8
Aluna 9	4	5	8	11
Aluna 10	3	8	9	12

em atividades relacionadas à computação física e robótica. Os resultados indicam que experiências centradas em manipulação prática, resolução de problemas e experimentação favorecem maior engajamento e compreensão conceitual.

Esse resultado reforça pressupostos da cultura maker e das metodologias ativas, nas quais a aprendizagem ocorre por meio da construção prática do conhecimento e da interação direta com artefatos físicos. Em contextos remotos, esse achado torna-se ainda mais relevante, pois demonstra que experiências hands-on podem ser mantidas mesmo fora de laboratórios institucionais.

Além disso, a coexistência de diferentes perfis de aprendizagem evidencia a importância de estratégias multimodais no ensino de STEAM. Embora o perfil cinestésico tenha predominado, algumas participantes apresentaram resultados elevados nas dimensões auditiva e leitura-escrita, indicando que a combinação entre explicações teóricas, discussão colaborativa e prática experimental pode ampliar o alcance pedagógico da proposta.

Desempenho Cognitivo e Níveis de Compreensão (Taxonomia SOLO): A avaliação baseada na Taxonomia SOLO demonstrou que as participantes alcançaram níveis satisfatórios de compreensão conceitual, com pontuações variando entre 9 e 17 pontos (média de 14,6). Essa análise permitiu uma avaliação refinada, capturando informações sobre o desenvolvimento cognitivo das estudantes. Além disso, o uso de uma árvore de decisão para a correção das respostas garantiu maior objetividade na atribuição de notas.

As respostas classificadas nos níveis Relacional e Abstrato Estendido demonstraram que parte das participantes não apenas executava os circuitos propostos, mas também conseguia justificar decisões de montagem, identificar relações entre sensores e atuadores e propor adaptações para novos cenários.

Participantes classificadas inicialmente em níveis mais básicos demonstravam apenas reprodução parcial de comandos e conexões eletrônicas. Entretanto, ao longo das atividades, observou-se evolução para níveis mais complexos da Taxonomia SOLO, caracterizados pela capacidade de integrar programação, montagem física e interpretação do comportamento dos componentes eletrônicos durante os desafios práticos.

Em atividades envolvendo IoT, algumas estudantes extrapolaram os exemplos apresentados durante as aulas, sugerindo aplicações em automação residencial e monitoramento remoto, evidenciando características associadas ao nível Abstrato Estendido da Taxonomia SOLO.

Aplicação Prática e Viabilidade do MannaIno: O projeto foi implementado em cinco cidades diferentes, com os kits sendo enviados diretamente às participantes. Essa abordagem comprovou a viabilidade do ensino remoto e híbrido em áreas tecnológicas, superando limitações geográficas e de infraestrutura. Um dado relevante foi que a maioria das alunas nunca havia tido contato com componentes eletrônicos físicos, tendo sido limitadas a simulações virtuais em suas formações anteriores. A experiência prática proporcionada pelo MannaIno, não apenas preencheu essa lacuna, mas também aumentou a confiança das participantes na manipulação de dispositivos reais.

Tempo de Implementação e Engajamento: O projeto demandou 22 semanas (144 horas totais), incluindo preparação, aplicação e avaliação. Embora o período extenso reflita a profundidade das atividades desenvolvidas, esse aspecto também levanta desafios relacionados à escalabilidade da proposta em contextos escolares. Ainda assim, acredita-se que adaptações modulares, como videoaulas assíncronas, desafios concentrados em módulos menores e reutilização dos kits, possam ampliar sua viabilidade em escolas, projetos de extensão e cursos de curta duração, especialmente devido à natureza portátil do kit e sua adequação a aplicações híbridas e distribuídas geograficamente.

Limitações: Embora este estudo ofereça insights valiosos, algumas limitações foram encontradas. Incluir entrevistas ou questionários abertos, permitiria capturar percepções subjetivas das alunas sobre os desafios e benefícios da metodologia, complementando os dados quantitativos. Além disso, um estudo comparativo com um grupo de controle que não utilizou o MannaIno ajudaria a isolar o impacto real do kit no aprendizado. Outra limitação envolve a amostra reduzida, composta por apenas 10 participantes, que limita análises estatísticas mais robustas e pode influenciar a representatividade dos achados. Por fim, outro aspecto relevante seria o acompanhamento de longo prazo, verificando se o interesse das participantes por áreas tecnológicas persiste após o projeto, analisando sua continuidade em cursos ou carreiras STEAM.

Os resultados obtidos convergem com os achados de Aguiar et al. (2024b), que também identificaram impactos positivos da cultura maker no engajamento feminino em tecnologia. Entretanto, diferentemente do estudo citado, a presente pesquisa explorou um contexto remoto distribuído geograficamente, evidenciando a viabilidade da robótica educacional mesmo fora de laboratórios presenciais.

De maneira semelhante ao estudo de Garcez et al. (2025), observou-se que atividades práticas contribuíram para maior participação ativa das estudantes. Contudo, o presente trabalho diferencia-se ao utilizar kits físicos enviados às participantes, permitindo experiências hands-on em ambiente domiciliar.

Os resultados também reforçam discussões apresentadas por Raabe e Gomes (2018), que destacam o potencial da cultura maker para promoção de protagonismo estudantil, aprendizagem ativa e desenvolvimento do pensamento crítico em contextos educacionais tecnológicos.

5. Conclusões e Trabalhos Futuros

Este estudo avaliou a eficácia do kit educacional MannaIno como ferramenta pedagógica para fortalecimento do engajamento e da permanência feminina em áreas STEAM. Os resultados demonstraram que a abordagem prática adotada pelo kit mostrou-se particularmente adequada ao perfil de aprendizagem das participantes, com 90% da amostra apresentando predominância do estilo cinestésico. Essa compatibilidade metodológica foi confirmada pela análise mediante a Taxonomia SOLO, que revelou progressão significativa nos níveis de compreensão conceitual, sendo que 70% das participantes alcançaram níveis relacional ou abstrato estendido de aprendizagem.

Apesar dos resultados promissores, o estudo apresentou algumas limitações importantes que devem ser consideradas. O tamanho amostral reduzido ($n=10$) e a ausência de grupo controle limitam a generalização dos achados. Adicionalmente, o curto período de acompanhamento não permitiu avaliar a retenção de conhecimento em longo prazo, e o possível viés de seleção, uma vez que todas as participantes já estavam matriculadas em cursos tecnológicos, pode ter influenciado os resultados.

Com base nessas conclusões e limitações, sugerem-se diversas direções para trabalhos futuros. Primeiramente, recomenda-se a ampliação da amostra com inclusão de grupos mistos (em termos de gênero) e diversas faixas etárias, permitindo análises comparativas mais robustas. Seria particularmente relevante implementar estudos longitudinais para avaliar o impacto da metodologia na trajetória acadêmica e profissional das participantes, assim como investigar a participação de mulheres no mercado de trabalho na área de TI. O desenvolvimento de versões adaptadas do kit para diferentes níveis de ensino, como o ensino médio, também se mostra como uma linha promissora de investigação.

Os achados deste trabalho sugerem que iniciativas como o MannaIno representam estratégias promissoras para a redução das disparidades de gênero em áreas STEAM. A combinação de abordagens práticas com sistemas estruturados de avaliação, conforme demonstrado neste estudo, pode servir como modelo para o desenvolvimento de novas ferramentas educacionais na era da Educação 5.0. A continuidade desta linha de pesquisa tem potencial para contribuir significativamente para o avanço de metodologias educacionais inclusivas e eficazes no campo da educação tecnológica.

Agradecimentos

Agradecimentos ao Manna Team, a Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná (FA) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - Brasil processo 421548/2022-3 pelo apoio.

Declaração sobre uso de Inteligência Artificial

Os autores declaram que ferramentas de Inteligência Artificial generativa foram utilizadas exclusivamente como apoio à revisão textual e melhoria da redação do artigo. Todas as decisões relacionadas ao conteúdo científico, análise dos resultados e conclusões apresentadas são de responsabilidade dos autores.

Referências

Aguiar, L. R., Barbosa, F. M., Teodoro, S. L., da Silva, V. C. B., and Lima, M. S. (2024a). Promovendo a inclusão e permanência feminina nos cursos de computação através do

- ensino de robótica: Um relato de experiência. In *Workshop de Informática na Escola (WIE)*, pages 122–132. SBC.
- Aguiar, L. R., Bonilha, G. C., Mendes, A. C., de Araújo, B. M., and Barbosa, F. M. (2024b). Aspectos do pensamento computacional através da cultura maker e aprendizagem significativa: um estudo de caso com mulheres iniciantes em cursos de tecnologia da informação. In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, pages 3183–3190. SBC.
- Aksoy, H. et al. (2017). How do innovation culture, marketing innovation and product innovation affect the market performance of small and medium-sized enterprises (smes). *Technology in Society*, 51(4):133–141.
- Arruda, J. P. S., Rocha, P. H. D., Francês, R. S. K., and Pinto, V. H. S. (2024). Explorando a robótica para mitigar desafios comportamentais e de aprendizado em programação na graduação. In *Workshop de Informática na Escola (WIE)*, pages 243–253. SBC.
- Bentley, J. L. (1980). Multidimensional divide-and-conquer. *Communications of the ACM*, 23(4):214–229.
- Berbel, N. A. N. (2011). As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. *Semina: Ciências sociais e humanas*, 32(1):25–40.
- Biggs, J. B. and Collis, K. F. (2014). *Evaluating the quality of learning: The SOLO taxonomy (Structure of the Observed Learning Outcome)*. Academic Press.
- Bolaños Zárate, F. and Salinas Espinosa, A. (2020). Secondary vocational education students’ expressed experiences of and approaches to information interaction activities within digital environments: a phenomenographic study.
- Britto, N. P. and Furtado, E. S. (2023). Estratégias e desafios na adoção de tecnologias digitais de informação e comunicação pelos docentes brasileiros durante a pandemia de covid-19. In *Workshop de Informática na Escola (WIE)*, pages 1220–1229. SBC.
- Cunha, B. G. P., Mendes, S. T., Dutra, P. M., Rodrigues, T. V., Nunes, L. M., Machado, F. M. F., and da Silva Martins, C. A. P. (2016). Didactronic: A low-cost and portable didactic lab for electronics: Kit for digital and analog electronic circuits. In *2016 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)*, pages 296–303. IEEE.
- da Silva, F. F. and Aylon, L. B. R. (2022). Mannakdt: Uma abordagem prática para aprendizagem multimodal e multidimensional da educação 5.0. In *Anais Estendidos do XXVIII Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web*, pages 115–118. SBC.
- da Silva, F. F. and Bortolato, G. M. (2025). Os desafios do ensino de computação durante a pandemia de covid-19 e sua relação com a educação 5.0. In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, pages 127–139. SBC.
- de Sousa, E. K. and Dias, K. L. (2023). Robótica alternativa educacional: Promovendo a inclusão e a sustentabilidade na educação. In *Workshop de Informática na Escola (WIE)*, pages 1280–1286. SBC.
- Denning, P. J. (2017). Remaining trouble spots with computational thinking. *Communications of the ACM*, 60(6):33–39.
- Engelbrecht, J., Borba, M. C., Llinares, S., and Kaiser, G. (2020). Will 2020 be remembered as the year in which education was changed?

- Fleming, N. and Mills, C. (2001). Vark: A guide to learning styles.
- Fonseca, S. M. and Mattar, J. (2017). Metodologias ativas aplicas à educação a distância: revisão da literatura. *Revista EDaPECI*, 17(2):185–197.
- Garcez, D. E., Pereira, D. O., Silva, I. C., Palmeira, L. V., Martins, F. B., Amorim, T. B., Vasconcelos, R. C., and de Oliveira, D. M. (2025). Um relato de experiência sobre a construção e aplicação de um curso em ead de robótica educacional para professores. In *Workshop sobre Educação em Computação (WEI)*, pages 938–947. SBC.
- Lister, R., Simon, B., Thompson, E., Whalley, J. L., and Prasad, C. (2006). Not seeing the forest for the trees: novice programmers and the solo taxonomy. *ACM SIGCSE Bulletin*, 38(3):118–122.
- Morán, J. (2015). Mudando a educação com metodologias ativas. *Coleção mídias contemporâneas. Convergências midiáticas, educação e cidadania: aproximações jovens*, 2(1):15–33.
- Moran, J. (2018). Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso*, pages 02–25.
- Pimentel, H. P. P., de Lima, A. M., da Silva, L. E. T., da Silva Santana, M. P., and Rodrigues, R. L. (2025). Robótica educacional com lego mindstorms ev3: Uma abordagem ativa para o ensino de lógica de programação. In *Workshop sobre Educação em Computação (WEI)*, pages 330–340. SBC.
- Raabe, A. and Gomes, E. B. (2018). Maker: uma nova abordagem para tecnologia na educação. *Revista Tecnologias na Educação*, 26(26):6–20.
- Reisslein, J., Ozogul, G., Johnson, A. M., Bishop, K. L., Harvey, J., and Reisslein, M. (2012). Circuits kit k–12 outreach: Impact of circuit element representation and student gender. *IEEE Transactions on Education*, 56(3):316–321.
- Ribeiro, L., Barbosa, G., Silva, I., Coutinho, F., and Santos, N. (2019). Um panorama da atuação da mulher na computação. In *Women In Information Technology (WIT)*, pages 1–10. SBC.
- Shiroishi, Y., Uchiyama, K., and Suzuki, N. (2018). Society 5.0: For human security and well-being. *Computer*, 51(7):91–95.
- Urval, R. P., Kamath, A., Ullal, S., Shenoy, A. K., Shenoy, N., and Udupa, L. A. (2014). Assessment of learning styles of undergraduate medical students using the vark questionnaire and the influence of sex and academic performance. *Advances in physiology education*, 38(3):216–220.
- Van Broekhuizen, H. et al. (2016). Graduate unemployment and higher education institutions in south africa. *Bureau for Economic Research and Stellenbosch Economic Working Paper*, 8:16.
- Yepes, I. (2020). Uso de drones como tecnologia pedagogica em disciplinas steam: um enfoque voltado ao aprendizado significativo com metodologias ativas.