

ANÁLISE COMPARATIVA DE FERRAMENTAS DIGITAIS PARA EDUCAÇÃO STEAM NA EDUCAÇÃO BÁSICA BRASILEIRA. ODS 4

Felipe Elias Costa da Silva (EEL USP)
Eduardo Ferro dos Santos (EEL USP)

Resumo

A educação STEAM na educação básica brasileira enfrenta desafios significativos decorrentes de infraestrutura tecnológica insuficiente, desigualdade de acesso à internet e limitações orçamentárias e de formação docente, o que resulta em experiências fragmentadas e pouco inclusivas. Este artigo apresenta uma análise comparativa de duas categorias de ferramentas digitais—ambientes *makerspace* virtuais e ferramentas STEAM—avaliadas quanto a aspectos pedagógicos, acessibilidade, requisitos técnicos e custo. Por meio de revisão de literatura internacional e nacional, incluindo estudos sobre laboratórios virtuais imersivos, simuladores de robótica e recursos de realidade virtual, e a identificação de iniciativas brasileiras, como o Laboratório Virtual de Física da UFC, os simuladores do SESI Educação, o Microscópio Virtual do IFSC-USP e o Eco Maker Space da EEL-USP, foram extraídos atributos que orientam a seleção de plataformas adequadas a diferentes realidades escolares. A comparação estruturada em matrizes evidenciou que ferramentas leves e gratuitas, como Scratch, PhET Colorado, Digitated U Makerspace e Simulador Porvir, oferecem melhor viabilidade em contextos com conectividade restrita, enquanto soluções mais robustas, como Labster e Gears by A Posteriori, destinam-se a ambientes com suporte financeiro e técnico suficientes, proporcionando maior imersão e complexidade experimental. Além disso, observou-se a descontinuação de projetos isolados, como o LabVad, reforçando a necessidade de iniciativas integradas e sustentáveis. A síntese crítica resultou em recomendações para orientar gestores e educadores na combinação de recursos digitais que equilibrem custo-benefício, profundidade pedagógica e viabilidade técnica, e destacou a lacuna de um *makerspace* virtual nacional colaborativo, capaz de reunir tutoriais, simulações e módulos interativos adaptados à Base Nacional Comum Curricular e às condições das escolas brasileiras, fortalecendo a democratização das práticas STEAM no país.

Palavras-chave: educação STEAM; ambientes *makerspace* virtuais; simuladores interativos; inclusão digital; democratização tecnológica.

Introdução

A educação STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) consolida-se como abordagem pedagógica capaz de promover aprendizagem ativa, desenvolvimento de habilidades críticas e criatividade, preparando estudantes para os desafios do século XXI. No entanto, na educação básica brasileira, a incorporação de ferramentas digitais de apoio a práticas STEAM esbarra em obstáculos estruturais: infraestrutura tecnológica insuficiente, desigualdade de acesso à internet e restrições orçamentárias e de formação docente comprometem a adoção de soluções inovadoras, resultando em experiências fragmentadas e pouco inclusivas.

Diante desse cenário, é fundamental avaliar criticamente as plataformas digitais disponíveis, não apenas sob o aspecto técnico e pedagógico, mas também à luz da acessibilidade, do custo, dos requisitos de infraestrutura e do potencial de engajamento. Embora existam iniciativas consagradas de laboratórios virtuais, simuladores de robótica, ambientes de programação gráfica e recursos de realidade virtual, ainda faltam estudos que comparem sistematicamente essas ferramentas em contextos variados de escolas públicas e privadas.

Este trabalho justifica-se pela urgência de fornecer subsídios a gestores, professores e formuladores de políticas públicas para a adoção de tecnologias que efetivamente ampliem o acesso a práticas STEAM de qualidade. Por meio de uma análise comparativa de duas categorias principais – ambientes makerspace virtuais e ferramentas STEAM – espera-se identificar boas práticas, limitações e requisitos essenciais para sua implementação eficaz na educação básica brasileira, contribuindo para a redução das desigualdades educacionais e para o fortalecimento de um ensino mais inclusivo e inovador.

O objetivo geral deste artigo é oferecer um quadro conceitual e prático que auxilie na seleção e adoção de ferramentas digitais STEAM na educação básica, avaliando seus recursos pedagógicos, níveis de imersão, facilidade de uso e viabilidade de

implementação em diferentes realidades escolares. A partir dessa análise, serão delineadas recomendações e diretrizes para orientar escolhas tecnológicas e estratégias que potencializem o ensino prático, colaborativo e interdisciplinar em toda a rede de ensino brasileira.

Revisão da literatura

A produção acadêmica sobre ferramentas digitais para a educação STEAM tem-se ampliado, abrangendo estudos internacionais e iniciativas nacionais voltadas ao desenvolvimento de ambientes de aprendizagem ativos, colaborativos e inclusivos. No cenário internacional, laboratórios virtuais e simulações imersivas destacam-se pelo estímulo ao pensamento crítico e à autonomia. Em sua scoping review, Sellberg et al. (2024) demonstraram que plataformas como Labster permitem a replicação de experimentos com feedback imediato, ampliando o acesso independentemente de infraestrutura física sofisticada. Johnson et al. (2023) evidenciaram que interfaces de realidade virtual aumentam significativamente o engajamento e a retenção de conceitos em cursos de engenharia, superando metodologias presenciais tradicionais.

No Brasil, diversas soluções têm sido desenvolvidas para atender às demandas da educação básica. O Laboratório Virtual de Física da UFC disponibiliza simulações interativas acompanhadas de roteiros de prática, permitindo medições virtuais que reproduzem com fidelidade comportamentos de experimentos reais. Os simuladores do SESI Educação oferecem, de forma gratuita, atividades práticas sobre circuitos elétricos, movimento harmônico simples e probabilidade, reforçando a aplicação de conceitos científicos em sala de aula. O Microscópio Virtual do IFSC-USP possibilita aos estudantes explorar tecidos animais e vegetais por meio de uma interface que simula o uso de um microscópio óptico, sem necessidade de laboratório físico.

Adicionalmente, o Eco Maker Space da EEL-USP ilustra como iniciativas de baixo custo e viés socioambiental podem articular práticas maker digitais e presenciais:

inaugurado em 2024, o projeto recupera componentes eletrônicos descartados e promove oficinas de robótica e prototipagem sustentável para comunidades escolares locais. Por outro lado, o LabVad (Laboratório Virtual de Atividades Didáticas), referência anterior em robótica educacional, encontra-se descontinuado, evidenciando a fragilidade de projetos isolados.

Apesar desses avanços, ainda não existem estudos que comparem sistematicamente diferentes tipos de ferramentas digitais – makerspaces virtuais, laboratórios híbridos e aplicativos STEAM – a partir de critérios de acessibilidade, custo, requisitos técnicos e impacto pedagógico em contextos sociais variados. Este trabalho, portanto, pretende sintetizar as evidências nacionais e internacionais para oferecer um panorama crítico que oriente a seleção e a adoção de tecnologias STEAM compatíveis com as realidades das escolas brasileiras.

Método

Este estudo adota a abordagem de artigo conceitual, fundamentado na análise crítica de literatura secundária e documentação técnica, sem aplicação experimental direta. Primeiramente, definiu-se a questão de pesquisa: como selecionar e comparar ferramentas digitais para educação STEAM na educação básica brasileira, considerando critérios pedagógicos, técnicos, de acessibilidade e de custo.

Para o levantamento bibliográfico, foram consultadas as bases Scopus, Web of Science, SciELO, Periódicos USP e repositórios institucionais da USP e de outras universidades brasileiras. A estratégia de busca combinou descritores como “STEAM”, “laboratórios virtuais”, “makerspace virtual”, “simulações interativas” e “programação por blocos”, delimitando o recorte a publicações de 2020 a 2025, em português ou inglês, que abordassem o uso de ferramentas digitais em contextos de educação básica. Artigos voltados exclusivamente ao ensino superior ou sem vínculo claro com a realidade escolar foram excluídos.

A extração de informações utilizou uma ficha padronizada em que se registraram: nome e versão da ferramenta, desenvolvedor, funcionalidades pedagógicas principais, requisitos de infraestrutura, modelo de licenciamento e evidências de eficácia ou engajamento relatadas. Esses dados foram organizados em matrizes comparativas para as categorias “ambientes makerspace virtuais” e “ferramentas STEAM”, permitindo o confronto estruturado de atributos como tipos de atividades suportadas, compatibilidade com dispositivos móveis, exigências de conectividade e custos associados.

A síntese crítica envolveu a leitura aprofundada desses documentos, com ênfase em quatro dimensões de análise: (1) escopo e potencial pedagógico; (2) acessibilidade e inclusão; (3) requisitos técnicos e financeiros; e (4) suporte ao usuário e formação docente. A integração dessas perspectivas possibilitou o delineamento de recomendações e diretrizes para a seleção e adoção de ferramentas digitais STEAM que atendam às demandas e limitações das escolas públicas e privadas brasileiras.

Resultados e discussão

A análise comparativa organizada em duas categorias—ambientes makerspace virtuais e ferramentas STEAM—evidencia como a carência de critérios unificados torna desafiadora a escolha de plataformas digitais adequadas à diversidade de realidades da educação básica brasileira. Ao sistematizar atributos técnicos, pedagógicos, de acesso e custos, este estudo oferece um guia prático para decisões de adoção que considerem limitações orçamentárias, conectividade e demandas pedagógicas.

Entre os ambientes makerspace virtuais, o Digitized U Makerspace e o Virtual MakerSpace de “Discovering the Remarkable” apresentam o melhor custo-benefício para escolas com acesso restrito à internet. Ambos exigem apenas conexão básica e funcionam em navegadores padrão,

Fornecendo bibliotecas de projetos DIY, simulações 3D e instruções de impressão sem demandar hardware especializado. Em contraste, o Labster disponibiliza laboratórios virtuais imersivos em ciências, mas requer banda larga robusta (≥ 10 Mbps) e licenciamento institucional oneroso, sendo indicado apenas onde houver suporte financeiro e técnico adequados. O Simulador Porvir ocupa posição intermediária ao aliar montagem eletrônica virtual e codificação por blocos com custo zero e requisitos moderados de conectividade, oferecendo interatividade relevante para contextos de infraestrutura limitada.

As ferramentas STEAM específicas mostram variações similares. PhET Colorado e Scratch lideram em acessibilidade e versatilidade, rodando em navegadores e dispositivos móveis com mínima necessidade de recursos, embora o PhET não inclua atividades de robótica e o Scratch seja mais voltado à programação de animações e jogos. Tinkercad expande a experiência ao modelagem 3D e simulação de circuitos, mas exige conexão moderada e hardware razoável. Pictoblox e VEXcode VR atendem a demandas de projetos com inteligência artificial e codificação de robôs simulados, respectivamente, fornecendo desafios interdisciplinares, enquanto o Gears by A Posteriori aprofunda o estudo de sistemas mecânicos via renderização 3D, necessitando GPU básica.

Tabela 1 – Ambientes *makerspace* virtuais

Ferramenta	Funcionalidades	Acesso	Requisitos Técnicos	Custo
Digited U Makerspace	Projetos DIY; tutoriais maker	Navegador; desktop/tablet	Conexão básica	Gratuito
Virtual MakerSpace	Simulações STEM 3D; instruções de impressão	Navegador WebGL	Conexão moderada; GPU básica	Gratuito
Labster	Laboratórios virtuais imersivos em ciências; relatórios	Navegador; sem versão móvel	Banda ≥ 10 Mbps; PC moderno	Licença institucional ¹
Simulador Porvir	Montagem eletrônica virtual; codificação por blocos	Navegador; compatível com tablets	Conexão ≥ 5 Mbps; desktop/tablet	Gratuito

Tabela 2 – Ferramentas STEAM

Ferramenta	Paradigma	Atividades	Acesso	Requisitos	Custo
PhET Colorado	Simulações interativas	Fenômenos de física, química, biologia e matemática	Navegador; apps limitados	Conexão básica	Gratuito
Scratch	Programação por blocos	Animações, jogos e simulações colaborativas	Navegador; apps móveis	Conexão básica	Gratuito
Tinkercad	CAD 3D e circuitos eletrônicos	Modelagem 3D; circuitos simulados	Navegador	Conexão ≥ 5 Mbps; PC	Gratuito
VEXcode VR	Codificação de robôs virtuais	Simulação de robótica; desafios gamificados	Navegador	Conexão básica	Gratuito
Gears by A Posteriori	Simulações mecânicas	Estudo de engrenagens, polias e sistemas de transmissão	Navegador	Conexão ≥ 5 Mbps; GPU básica	Gratuito*

¹ Valores sob consulta. *Planos premium disponíveis.

A comparação demonstra que, em ambientes com restrições de infraestrutura, a priorização de plataformas livres e leves—como Scratch, PhET Colorado, Digited U Makerspace e Simulador Porvir—maximiza o acesso e o envolvimento dos estudantes. Quando houver recursos técnicos e financeiros, soluções como Labster e Gears by A Posteriori elevam o nível de imersão e experimentação avançada. O quadro orienta gestores e educadores na combinação de ferramentas que equilibrem custo-benefício, viabilidade técnica e profundidade pedagógica, contribuindo para democratizar as práticas STEAM na educação básica brasileira.

Considerações Finais

A análise comparativa entre ambientes makerspace virtuais e ferramentas STEAM evidencia a urgência de diretrizes que articulem requisitos técnicos, custos e valor pedagógico às diversificadas realidades da educação básica brasileira. Ferramentas gratuitas e leves, como Scratch, PhET Colorado, Digited U Makerspace e Simulador Porvir, demonstram maior viabilidade em contextos de infraestrutura limitada, enquanto plataformas mais sofisticadas, como Labster e Gears by A Posteriori, oferecem experiências imersivas quando há suporte financeiro e técnico adequados.

Além de orientar a combinação de soluções que equilibrem custo-benefício, o quadro comparativo destaca a fragilidade de projetos isolados e a importância de iniciativas integradas e sustentáveis. Nesse sentido, permanece em aberto a necessidade de desenvolver um makerspace virtual nacional que reúna recursos digitais e práticas maker de baixo custo, fornecendo tutoriais, simulações e módulos interativos adaptados à BNCC e às condições das escolas brasileiras. Esse espaço centralizado serviria como guia para alunos, professores e gestores, apoiando a superação das desigualdades tecnológicas com o mínimo de recursos possíveis.

Assim, o presente trabalho estabelece bases conceituais e diretrizes práticas, mas aponta para uma lacuna crucial: a criação de uma plataforma nacional colaborativa



de makerspace virtual. O preenchimento dessa lacuna poderá impulsionar a democratização das experiências STEAM, promovendo inclusão, inovação e autonomia em toda a educação básica do país.

Referências

DIGITED U. Makerspace. Disponível em:

<https://digitedeu.com/index.php/makerspace-2/>. Acesso em: 25 set. 2025.

DISCOVERING THE REMARKABLE. Virtual MakerSpace. Disponível em:

<http://www.discoveringtheremarkable.com/virtual-makerspace.html>. Acesso em: 25 set. 2025.

LABSTER. Labster: laboratórios virtuais para educação em ciências. Disponível em:

<https://www.labster.com/>. Acesso em: 25 set. 2025.

PORVIR. Simulador Porvir: laboratório maker virtual. Disponível em:

<https://porvir.org/especial/maonamassa/simulador/>. Acesso em: 25 set. 2025.

PHET INTERACTIVE SIMULATIONS. PhET Colorado: simulações interativas.

Disponível em: <https://phet.colorado.edu/>. Acesso em: 25 set. 2025.

MIT MEDIA LAB. Scratch. Disponível em: <https://scratch.mit.edu/>. Acesso em: 25

set. 2025.

AUTODESK. Tinkercad. Disponível em: <https://www.tinkercad.com/>. Acesso em: 25

set. 2025.

PIC TO BLOX. Pictoblox: programação por blocos com IA. Disponível em:

<https://thetempedia.com/product/pictoblox/>. Acesso em: 25 set. 2025.

VEX ROBOTICS. VEXcode VR. Disponível em: <https://vr.vex.com/>. Acesso em: 25

set. 2025.

A POSTERIORI. Gears by A Posteriori: simulações de mecanismos. Disponível em:

<https://gears.aposteriori.com.sg/>. Acesso em: 25 set. 2025.



UFC – UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Laboratório Virtual de Física: simulações interativas. Disponível em: <https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br/>. Acesso em: 25 set. 2025.

SESI. Simuladores. Disponível em: <https://sesieducao.com.br/brasil/lista.php?id=518&pg=Simuladores>. Acesso em: 25 set. 2025.

IFSC-USP – INSTITUTO DE FÍSICA DE SÃO CARLOS. Microscópio Virtual. Disponível em: <https://eic.ifsc.usp.br/microscopio-virtual/>. Acesso em: 25 set. 2025.

EEL-USP – ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA. Eco Maker Space da EEL-USP: oficinas de robótica maker e prototipagem sustentável. Lorena, 2024.