Investigações em Ensino de Ciências (ISSN: 1518-8795)
2026, vol. 31, n. 3, pp. 315-345
https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci/2026v31n3p315

ARTIGO TEÓRICO

Proposição teórico-prática para um modelo de integração STEAM-Maker Colaborativo

Theoretical-practical proposition for a Collaborative STEAM-Maker integration model

Lisiane Barcellos Calheiro [a], Ileana María Greca [b]

[a] Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Brasil; [b] Departamento de Didáticas Específicas, Universidade de Burgos, Burgos, Espanha.

Resumo. A educação STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática) e a Cultura Maker têm ganhado destaque na educação contemporânea por promoverem aprendizagens ativas, interdisciplinares e orientadas à resolução de problemas. Nesse contexto, o estudo investiga quais fundamentos conceituais, epistemológicos e metodológicos sustentam a articulação entre as abordagens STEAM-Maker e em que medida tais elementos permitem conceber um modelo teórico de integração aplicável ao contexto da educação básica brasileira. Para isso, propõe-se um modelo teórico de integração colaborativa entre essas abordagens, fundamentado em uma perspectiva integrada da educação STEAM, apoiado em referenciais construcionistas, socioculturais e epistemológicos. O estudo está estruturado segundo o modelo reticular de Larry Laudan e organiza-se em três níveis interdependentes: o nível axiológico, orientado ao desenvolvimento de objetivos de aprendizagem; o nível teórico, constituído por fundamentos epistemológicos, psicológicos, didáticos e socioculturais; e o nível metodológico, centrado no uso de metodologias ativas. O modelo é exemplificado por meio de uma proposta de itinerário do Ensino Médio, evidenciando suas potencialidades pedagógicas. Concluímos que o modelo contribui para o ensino de Ciências ao integrar, de forma colaborativa e epistemologicamente fundamentada, as abordagens STEAM-Maker, oferecendo subsídios teóricos e orientações práticas para sua implementação em contextos educacionais.

Palavras-chave: Educação STEAM, Cultura Maker, Ambiente colaborativo, Ensino de Ciências.

Submetido em 02/01/2026
Aceito em 14/07/2026
Publicado em 29/10/2026

Abstract. STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) education and Maker Culture have gained prominence in contemporary education for promoting active, interdisciplinary, and problem-solving-oriented learning. In this context, this study investigates the conceptual, epistemological, and methodological foundations that underpin the articulation between STEAM-Maker approaches and to what extent these elements allow for the conception of a theoretical integration model applicable to the context of Brazilian basic education. To this end, a theoretical model of collaborative integration between these approaches is proposed, based on an integrated perspective of STEAM education, supported by constructionist, sociocultural, and epistemological frameworks. The study is structured according to Larry Laudan's reticular model and is organized into three interdependent levels: the axiological level, oriented towards the development of learning objectives; the theoretical level, consisting of epistemological, psychological, didactic, and sociocultural foundations; and the methodological level, centered on the use of active methodologies. The model is exemplified through a proposed high school curriculum, highlighting its pedagogical potential. We conclude that the model contributes to science education by integrating STEAM-Maker approaches in a collaborative and epistemologically grounded manner, offering theoretical support and practical guidance for its implementation in educational contexts.

Keywords: STEAM Education, Maker Culture, Collaborative Environment, Science Education.

Introdução

A adoção de novos modelos educacionais torna-se importante para a reestruturação dos processos de ensino e aprendizagem, especialmente em uma era digital em que a informação

Contatos: liscalheiro@gmail.com; imgreca@ubu.es

está cada vez mais acessível (Beserra, 2024; Pereira et al., 2024). Contudo, muitos contextos escolares ainda preservam práticas tradicionais, baseadas no ensino fragmentado e pautadas na exposição de conteúdos desarticulados, com predominância de ações voltadas para resultados avaliativos (Lorenzin, 2020; Moreira, 2022), o que dificulta a compreensão integrada dos saberes.

Nesse cenário, a articulação entre tecnologias e estratégias pedagógicas não apenas favorece a construção do conhecimento, como também fortalece processos investigativos e colaborativos, ampliando as possibilidades de os estudantes compreenderem fenômenos complexos e atuarem de maneira crítica em diferentes contextos socioculturais e tecnológicos (Beserra, 2024). Tais práticas potencializam experiências de aprendizagem mediadas socialmente, nas quais a resolução de problemas, o pensamento computacional, o pensamento crítico e o trabalho colaborativo emergem de processos coletivos de interação, criação e reflexão (Almeida & Santos, 2024; Silva et al., 2024). Além disso, contribuem para a constituição de ambientes de aprendizagem mais participativos e contextualizados, nos quais os estudantes assumem um papel ativo na produção de saberes e no desenvolvimento de práticas socialmente significativas (Pereira et al., 2024). Nesse contexto, a educação contemporânea assume relevância na formação de sujeitos capazes de mobilizar saberes, interpretar criticamente a realidade e atuar de forma criativa e colaborativa em uma sociedade marcada por constantes transformações científicas, tecnológicas e culturais (Araújo, 2024; Cueva & Guaicha, 2025; Moseikina et al., 2022).

A educação STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática) e a cultura Maker configuram-se como abordagens educacionais que favorecem a construção de experiências formativas interdisciplinares e socialmente contextualizadas (Almeida et al., 2022; Ortiz-Revilla et al., 2023). Mais do que um conjunto de práticas ou estratégias didáticas, a educação STEAM fundamenta-se em propostas pedagógicas que articulam a integração curricular, a resolução de problemas reais, a aprendizagem ativa e a produção criativa de conhecimentos (Aguilera & Ortiz-Revilla, 2021; Fadel et al., 2016; Maia et al., 2021).

O processo educativo busca favorecer a participação dos estudantes em experiências colaborativas de investigação, criação e reflexão, promovendo relações significativas entre diferentes áreas do conhecimento e os contextos científicos e tecnológicos contemporâneos (Greca, 2018; Ortiz-Revilla et al., 2021). Assim, neste trabalho, STEAM é compreendida como uma concepção educacional integradora, orientada à formação crítica e contextualizada dos estudantes, enquanto as metodologias, práticas e tecnologias constituem meios possíveis para sua concretização pedagógica, e não sua finalidade.

Paralelamente, a cultura Maker, quando implementada no contexto escolar, pode contribuir para a transformação da prática pedagógica, promovendo mudanças nos processos de ensino e aprendizagem (Cordova & Vargas, 2016; Lemos & Valente, 2023). Essa abordagem, aproxima-se das contribuições de John Dewey acerca da educação experiencial, ao valorizar a participação ativa dos estudantes em situações investigativas vinculadas a contextos significativos do cotidiano. Em diálogo com essa tradição, o construcionismo de Seymour Papert sustenta a centralidade da construção de artefatos como elemento mediador da aprendizagem, articulando criação, reflexão e produção de conhecimentos (Blikstein, 2013).

Desse modo, a aproximação entre educação STEAM e cultura Maker fundamenta-se na compreensão de que ambas compartilham princípios relacionados à interdisciplinaridade, à investigação e à contextualização dos conhecimentos (Del Moral Pérez et al., 2023; Greca et al., 2023; Majdenbaum, 2024). Entretanto, este trabalho não considera tais abordagens equivalentes ou teoricamente homogêneas. Enquanto a educação STEAM busca integrar diferentes áreas do conhecimento em torno de problemas e práticas contextualizadas, a cultura Maker emerge de movimentos sociotécnicos marcados pela autoria, pela experimentação e pela filosofia do "fazer". Assim, reconhecemos que a aproximação entre essas abordagens envolve tensões epistemológicas e pedagógicas, especialmente quanto aos riscos de instrumentalização curricular e de redução do conhecimento científico à produção de artefatos (Blikstein, 2013; Tan, 2023).

Nos últimos anos, a educação STEAM e a cultura Maker têm ganhado destaque no contexto educacional, acompanhada pelo aumento de pesquisas e iniciativas institucionais em âmbito nacional e internacional (D'Ambrósio, 2020; Maia et al., 2021; Woods & Hsu, 2020). No contexto brasileiro, diferentes estudos vêm explorando as potencialidades dessas abordagens em áreas como educação ambiental, robótica educacional, ensino de Ciências e projetos interdisciplinares, evidenciando tanto possibilidades pedagógicas quanto desafios de implementação em contextos escolares diversos (Bergamaschi et al., 2022; Machado & Zago, 2020; Nélio & Hardoim, 2023).

Embora apresentem potencial em contextos formais de ensino, ainda são consideradas um campo emergente (Bacich & Holanda,2020), cuja implementação tem enfrentado desafios tanto de ordem pedagógica (Chu et al., 2015; Shively et al., 2020) quanto de natureza estrutural (Eriksson et al., 2018; Gale et al., 2017). Além disso, sua adoção no contexto escolar não é consensual e é alvo de críticas por sua aproximação histórica a perspectivas tecnicistas da educação STEM. Para alguns pesquisadores, esse modelo tende a reduzir a educação a um processo utilitário, voltado apenas para atender às necessidades do mercado de trabalho e à competitividade econômica global, sem considerar a formação integral do indivíduo (Akerson et al., 2018; Zeidler, 2016).

Importante ressaltar que, apesar do destaque obtido nos últimos anos seja por meio de pesquisas acadêmicas ou iniciativas institucionais, ainda há uma carência de modelos teóricos consolidados e de estratégias pedagógicas que favoreçam a aplicação integrada e colaborativa dessas abordagens (Ortiz-Revilla et al., 2021). A maior parte das pesquisas concentra-se em aspectos isolados da educação STEAM ou da cultura Maker (Gresnigt et al., 2014; Ortiz-Revilla et al., 2021), sendo poucos os estudos que investigam a interconexão entre essas abordagens em um único modelo integrado (Calheiro & Greca, 2025; Douglas & Verna, 2022; Love, 2022).

No Brasil, a educação STEAM e a cultura Maker ainda estão em construção, e sua incorporação ao contexto escolar ocorre de forma desigual (Carvalho, 2024; Pugliese, 2020a). Apesar disso, nos últimos anos observamos o surgimento de iniciativas institucionais voltadas à difusão dessas abordagens. Entre elas, destacamos o Programa Mais Ciência na Escola, desenvolvido em parceria entre o Ministério da Educação (MEC), o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico

e Tecnológico (CNPq), que prevê a implantação de 1000 laboratórios Maker em escolas públicas brasileiras. Segundo a chamada oficial, esses laboratórios constituem espaços equipados com diferentes ferramentas e recursos destinados ao desenvolvimento de projetos colaborativos, criativos e investigativos pelos estudantes (Brasil, 2024). Entretanto, a existência dessas iniciativas não elimina os desafios relacionados à infraestrutura, à formação docente e às desigualdades regionais que ainda condicionam a implementação dessas propostas no contexto educacional brasileiro.

Embora princípios relacionados à integração de tecnologias digitais, investigação e interdisciplinaridade dialoguem com orientações presentes na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN), nas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) e na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), tal aproximação não implica adesão epistemológica a essas abordagens. Além disso, reconhecemos que a própria noção de competências presente na BNCC tem sido alvo de críticas por sua vinculação a racionalidades técnico-instrumentais e modelos de avaliação centrados no desempenho (Freitas, 2018; Saviani, 2021). Dessa forma, discutir educação STEAM e cultura Maker em perspectiva crítica exige compreender tais abordagens para além de finalidades utilitaristas ou estritamente performativas, considerando também seus limites, tensões e implicações socioculturais.

Nesse sentido, embora Custodio e Rosa (2024) argumentem que abordagens associadas à educação STEAM e à cultura Maker possam favorecer maior participação dos estudantes nos processos de aprendizagem e dialoguem com competências previstas na BNCC, é necessário problematizar tais aproximações. A efetividade dessas abordagens depende de condições materiais, infraestrutura adequada, formação docente contínua e suporte pedagógico institucional (Lorenzin, 2020), elementos que ainda se apresentam de forma desigual no contexto das escolas públicas brasileiras. Além disso, entendemos que a aprendizagem não pode ser reduzida a indicadores de desempenho ou à mera mobilização operacional de competências, sobretudo quando se busca uma perspectiva educacional crítica, colaborativa e socialmente contextualizada, fundamentada em processos de mediação social, participação e construção coletiva de conhecimentos.

Apesar dessas limitações e tensões, consideramos relevante examinar, teoricamente, a articulação entre educação STEAM e cultura Maker, especialmente diante da crescente incorporação dessas abordagens ao debate educacional brasileiro, sem a devida problematização epistemológica e pedagógica. Nesse contexto, este estudo busca propor um modelo teórico de integração entre a educação STEAM e a cultura Maker, em perspectiva colaborativa, discutindo suas convergências, limites e potencialidades no contexto da educação básica brasileira. Para isso, investigamos os fundamentos conceituais, epistemológicos e metodológicos que sustentam essa aproximação, problematizando suas implicações pedagógicas e os desafios de sua transposição para realidades escolares marcadas por desigualdades estruturais e educacionais.

Com base nesses pressupostos, este estudo organiza-se em torno do seguinte problema: quais fundamentos conceituais, epistemológicos e metodológicos constituem a articulação entre a educação STEAM e a Cultura Maker, e em que medida tais elementos permitem pensar um modelo teórico de integração aplicável ao contexto da educação básica brasileira?

Assim, o estudo fundamenta-se na proposta de educação STEAM integrada de Ortiz-Revilla et al. (2021), articulada ao construcionismo de Papert (1980, 1991) e às contribuições socioculturais sobre mediação e colaboração. Além disso, adota o modelo reticular de Laudan (1984) como estrutura epistemológica para relacionar dimensões axiológicas, teóricas e metodológicas, sem pressupor uniformidade conceitual entre os referenciais mobilizados. Nessa perspectiva, busca-se construir uma interpretação da articulação entre STEAM e Cultura Maker capaz de reconhecer tanto suas potencialidades quanto suas tensões e limites no contexto educacional.

Panorama Histórico da Educação STEAM e da Cultura Maker

A construção do modelo de integração STEAM-Maker colaborativo proposto neste estudo está ancorada em uma trajetória histórica marcada pela emergência de diferentes concepções educacionais relacionadas à interdisciplinaridade, à resolução de problemas, à aprendizagem ativa e ao uso de tecnologias no ensino de Ciências. Tal trajetória não é linear nem isenta de disputas teóricas e políticas, caracterizando-se pela coexistência de perspectivas pedagógicas distintas que atribuem sentidos diversos à relação entre educação, ciência, tecnologia e formação humana.

Nesse percurso histórico, podem ser identificadas aproximações com propostas educacionais inspiradas em John Dewey, especialmente quanto à valorização da experiência, da investigação e da participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem (Dewey, 1979). Entretanto, os movimentos contemporâneos STEM/STEAM e Maker não derivam diretamente do pensamento deweyano. Sua consolidação ocorreu em contextos marcados pela expansão das políticas de inovação tecnológica, pela centralidade do desenvolvimento de competências e pelas demandas associadas à competitividade econômica e à formação para o trabalho (NRC, 2012; Perrenoud, 2000). A educação STEAM e a cultura Maker têm suas raízes nas ideias de John Dewey, que defendia uma educação experiencial, centrada no estudante e orientada para a resolução de problemas reais (Dewey,1979). No entanto, essa aproximação deve ser realizada com cautela. Nesse sentido, autores têm alertado para o risco de leituras reducionistas ou instrumentalizadas dessas abordagens, destacando a necessidade de uma fundamentação epistemológica e crítica que vá além de práticas tecnicistas ou meramente performativas (Blikstein, 2013; Greca et al., 2021; Ortiz-Revilla et al., 2020). De modo semelhante, a incorporação das Artes ao movimento STEM não deve ser compreendida como uma evolução natural rumo ao STEAM. Conforme apontam estudos da área, essa incorporação resultou de disputas em torno dos objetivos da educação científica e tecnológica, envolvendo debates sobre criatividade, inovação, participação social e formação profissional, bem como sobre a necessidade de ampliar a educação científica para contemplar dimensões estéticas, culturais e humanas da formação (Vasquez, 2015; Yakman, 2008). Dessa forma, o STEAM configura-se como um campo heterogêneo e em permanente construção, cuja fundamentação epistemológica permanece objeto de discussão.

A cultura Maker, por sua vez, emerge de contextos sociotécnicos associados à filosofia do “fazer”, à prototipagem, à experimentação e à colaboração em ambientes como makerspaces, fab labs e hackerspaces (Carvalho, 2024; Dougherty, 2012; Yamana, 2024). Sua incorporação

ao campo educacional ampliou as possibilidades de autoria, de construção de artefatos, de experimentação e de aprendizagem prática (Anderson, 2012; Mota, 2025). Contudo, essa transposição não ocorre sem tensões. Pesquisadores têm destacado que a adoção acrítica da cultura Maker pode reproduzir discursos de inovação desvinculados das condições concretas das escolas, particularmente no contexto da educação pública brasileira, marcado por desigualdades estruturais, limitações de infraestrutura e diferentes formas de exclusão tecnológica (Godhe et al., 2019; Oliveira et al., 2024).

Diante dessas contradições, o presente estudo não adota os modelos STEAM e Maker como referenciais normativos a serem reproduzidos integralmente. Ao contrário, realiza uma apropriação crítica de seus potenciais pedagógicos. Nessa perspectiva, atividades de investigação, construção de protótipos, colaboração e integração entre áreas do conhecimento não constituem fins em si mesmos nem instrumentos voltados exclusivamente ao desenvolvimento de competências demandadas pelo mercado. Tais elementos são compreendidos como mediações pedagógicas para a apropriação dos conhecimentos científicos e para a formação integral dos estudantes.

Desse modo, tanto a educação STEAM quanto a Cultura Maker são compreendidas neste trabalho como possibilidades de organização de experiências formativas que favoreçam a autoria, a colaboração, a problematização da realidade e a construção social de conhecimentos, sem desconsiderar as tensões, os limites e os condicionantes históricos que permeiam essas abordagens.

Da técnica à criatividade e o design: da educação STEM à STEAM

A educação STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática) emergiu como uma abordagem estruturada para preparar estudantes para as crescentes demandas de um mundo cada vez mais impulsionado por avanços científicos e tecnológicos. Inicialmente, sua ênfase residia na capacitação técnica dos estudantes, por meio de metodologias voltadas à resolução de problemas, ao pensamento lógico e à aplicação prática do conhecimento em contextos reais (Roehrig et al., 2021; Sanders, 2009).

O interesse pela integração dessas quatro áreas como eixo estruturante da educação formal não é recente. Desde a década de 1940, debates educacionais nos Estados Unidos já sinalizavam a necessidade de fortalecer o ensino científico, particularmente no contexto das discussões que precederam a criação da National Science Foundation (NSF) (Ortiz-Revilla et al., 2020; Petrina, 2022). Esse interesse foi intensificado a partir de 1957, com o lançamento do satélite soviético Sputnik, o que impulsionou reformas educacionais voltadas à valorização das disciplinas científicas como resposta à corrida tecnológica e espacial.

Embora as discussões sobre o fortalecimento das áreas científicas e tecnológicas na educação remontem a décadas anteriores, a origem formal da sigla nos Estados Unidos data da década de 1990, quando a NSF passou a promover o conceito sob o acrônimo SMET (Science, Mathematics, Engineering and Technology). Contudo, em 2001, uma das diretoras da NSF propôs a reordenação da sigla para STEM, buscando torná-la mais atrativa e comunicável. A partir dessa reformulação, o termo ganhou ampla visibilidade e passou a ser difundido

internacionalmente como uma abordagem integrada para o ensino de Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática, especialmente no contexto da educação básica (Ortiz-Revilla et al., 2020; Sanders, 2009; Toma & Greca, 2018).

Assim, essa abordagem surge como uma resposta a diferentes desafios educacionais e sociais, entre eles as preocupações com o desempenho dos estudantes nas disciplinas científicas, a ampliação da alfabetização científico-tecnológica e as demandas relacionadas ao desenvolvimento científico e tecnológico das sociedades contemporâneas (NSF, 2010; Pugliese, 2020b; Vasquez et al., 2017). O movimento visa não apenas melhorar os índices de aprendizagem e o domínio das inovações científico-tecnológicas, mas também ampliar as possibilidades de participação dos estudantes em contextos marcados pela crescente presença da ciência e da tecnologia na vida social (Greca, 2018).

Entretanto, diversos autores destacam que tais condições históricas de emergência não definem de maneira exclusiva os sentidos assumidos posteriormente pela educação STEM (Greca et al., 2021; Lorezin, 2018; Ortiz-Revilla et al., 2020). Ao longo de seu desenvolvimento, a abordagem passou a incorporar discussões relacionadas à integração curricular, à resolução de problemas complexos, à colaboração e à articulação entre diferentes formas de conhecimento, ainda que permaneçam debates acerca de seus limites e de sua proximidade com perspectivas orientadas pela racionalidade técnico-instrumental.

Apesar de a educação STEM ter proporcionado avanços importantes e ganhado visibilidade no campo educacional, ela também tem sido alvo de críticas e questionamentos. De acordo com Toma e García-Carmona (2021), desde a sua origem, o termo STEM tem gerado incertezas, principalmente devido à sua definição imprecisa e à complexidade de sua aplicação no contexto educacional. Nesse sentido, Martín-Páez et al. (2019) apontam que a integração do STEM pode assumir diferentes formas, variando desde o ensino isolado de cada disciplina até sua abordagem como um campo unificado e autônomo. Para alguns pesquisadores, a abordagem STEM é vista como um modelo educacional limitado, que pouco contribui para enfrentar, de forma significativa, os desafios da educação científica (Akerson et al., 2018; Sousa & Pilecki, 2013; Toma & García-Carmona, 2021). Essa limitação está relacionada à dificuldade de abordar de maneira abrangente, questões complexas envolvendo a interdisciplinaridade e os processos de inovação. Neste contexto, a ênfase exclusiva nas disciplinas técnicas pode restringir o desenvolvimento de habilidades criativas e socioemocionais, fundamentais para a resolução de problemas.

Diante das limitações identificadas nas abordagens STEM, emergiu a educação STEAM, que amplia o escopo do modelo original ao incorporar as Artes como elemento central para o estímulo à criatividade, à inovação e à aprendizagem interdisciplinar. A inclusão das artes contribui para a retomada de objetivos e finalidades educativas voltadas à formação integral dos estudantes, à inclusão social, à participação cidadã e à sustentabilidade (Ortiz-Revilla et al., 2018; Zeidler, 2016). Consolidada a partir do início do século XXI, a abordagem STEAM promove uma educação mais holística e conectada aos desafios contemporâneos, ao articular saberes científicos, tecnológicos e artísticos de forma integrada (Greca et al., 2021; Ortiz-Revilla et al., 2021; Yakman, 2008).

Para Lorenzin et al. (2018), a incorporação das Artes ao STEM potencializa a participação de estudantes e docentes, estimula a criatividade e impulsiona o desenvolvimento cognitivo, emocional e psicomotor. Além disso, essa abordagem amplia a capacidade de interpretar o mundo, enriquecendo a experiência educativa dos estudantes. Cabe salientar que, no âmbito de determinadas abordagens STEAM, a dimensão "A" tem sido interpretada de maneira ampliada, incluindo não apenas manifestações artísticas tradicionais, mas também contribuições oriundas das Ciências Humanas e das Ciências Sociais, reconhecendo a importância de perspectivas históricas, filosóficas, culturais e sociais para a compreensão de problemas complexos (Ortiz-Revilla et al., 2021; Zeidler, 2016). Essa intersecção entre as áreas das ciências e das humanidades também exerce um papel fundamental na construção do conhecimento e na promoção de inovações tecnológicas, ao integrar pensamento lógico, criatividade e técnica na resolução de problemas, promovendo uma educação integral e interdisciplinar (Yakman, 2008). Destacamos que, para ressaltar a importância da integração entre as áreas, alguns autores utilizam i-STEAM, como proposto por Ortiz-Revilla et al. (2021) e Sanz-Camarero (2023).

Essa abordagem integradora amplia o foco da educação STEAM para além da articulação entre áreas do conhecimento, ao enfatizar a aprendizagem baseada na experimentação e na resolução de problemas contextualizados. Nessa perspectiva, a experimentação não se restringe à obtenção de resultados técnicos, mas envolve processos de reflexão, tomada de decisão, expressão criativa e produção de significados. É nesse contexto que se estabelece o diálogo com a Cultura Maker, compreendida não apenas como um conjunto de práticas de fabricação ou prototipagem, mas como uma abordagem que valoriza autoria, colaboração, criatividade e participação ativa dos estudantes na construção do conhecimento (Anderson, 2012; Mota, 2025).

Do fazer ao aprender: a cultura Maker e sua integração na educação

A cultura Maker fundamenta-se nos princípios do *Do It Yourself (DiY)* e do *Do It With Others (DiWO)*, enfatizando a capacidade dos indivíduos de conceber, modificar, reparar e fabricar objetos e projetos de maneira autônoma ou colaborativa (Aleixo et al., 2021; Anderson, 2012). Essa abordagem se apoia na premissa de que pessoas sem formação técnica especializada podem, por meio do acesso a tecnologias acessíveis, do compartilhamento de conhecimento e da cultura da experimentação (Aleixo et al., 2021; Soster et al., 2020), desenvolver soluções inovadoras em diversas áreas, incluindo engenharia, design e programação (Silva, 2017). Para Blikstein (2013), essa abordagem valoriza a vivência do estudante, possibilitando que ele aprenda tanto com seus erros quanto com seus acertos. Além disso, ajuda a compreender melhor temas que despertam seu interesse, conectando-os com situações do dia a dia.

Ainda que o movimento Maker tenha se consolidado internacionalmente a partir da década de 2000, seus fundamentos dialogam com tradições pedagógicas que valorizam a aprendizagem ativa, a experimentação, a autoria e a construção de conhecimentos por meio da ação (Blikstein, 2013; Papert, 1980). Nesse sentido, a filosofia do "aprender fazendo" antecede o próprio movimento Maker contemporâneo e aproxima diferentes correntes

educacionais que defendem a participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem.

Embora seus fundamentos pedagógicos sejam anteriores, o movimento Maker ganhou visibilidade internacional a partir de 2005, com o lançamento da revista Make, idealizada por Dale Dougherty nos Estados Unidos. A publicação desempenhou papel importante na difusão de práticas associadas à fabricação, modificação, compartilhamento de projetos e cultura do fazer, contribuindo para a consolidação de uma comunidade Maker em escala internacional (Dougherty, 2012; Martin, 2015). Em 2006, ocorreu a primeira edição da *Make Faire*, evento que reuniu profissionais de diversas áreas e apresentou uma variedade de projetos em um espaço voltado à inovação, à modificação e ao compartilhamento de conhecimento. De acordo com Martin (2015), as atividades do movimento Maker foram fortalecidas nos últimos anos com o surgimento de ferramentas de fabricação digital e redes digitais, que facilitam a disseminação, avaliação e comparação de conceitos, dados e projetos.

Com o crescimento do movimento, surgiram os chamados espaços makers, também conhecidos como *Makerspaces*, *Fab Labs*, laboratórios de inovação, *Tinkering Labs*, STEAM Labs, STEM *makerspaces* ou *hackerspaces*, que têm como objetivo fomentar a criatividade e a inovação (Dougherty, 2012; Fernandes, 2023; Moura, 2019). Esses ambientes foram projetados para incentivar a colaboração e a aprendizagem prática, funcionando como espaços de investigação acessíveis a todos os envolvidos (Douglass & Verma, 2022; Jones et al., 2021; Martinez & Stager, 2013).

Apesar de frequentemente associados à inovação tecnológica e ao desenvolvimento de competências, os espaços Maker também têm sido compreendidos como ambientes de construção de conhecimento que envolvem dimensões epistemológicas, sociais e éticas da aprendizagem. Nessa perspectiva, a criação de artefatos não constitui um fim em si mesma, mas uma oportunidade de investigação, reflexão, colaboração e produção de significados. Conforme argumenta Tan (2022), os makerspaces podem favorecer formas de aprendizagem que articulam a experiência material, a agência dos estudantes e a compreensão crítica das relações entre ciência, tecnologia e sociedade, ampliando sua contribuição para além do desenvolvimento de habilidades técnicas ou da preparação para o trabalho.

No mesmo sentido, Pereira & Lima (2017) ressaltam que os espaços Maker enfatizam a importância da criatividade e promovem a integração entre teoria e prática, incentivando a troca de experiências em grupo, mediada pelo professor. Esses ambientes podem favorecer processos de prototipagem, comunicação, colaboração, criatividade e resolução de problemas, bem como a articulação entre conhecimentos teóricos e práticos em contextos de aprendizagem investigativa (Zhan et al., 2021). Em estudos desenvolvidos no contexto brasileiro, a cultura Maker tem sido articulada a propostas de educação ambiental, robótica educacional e investigação científica escolar, evidenciando seu potencial para promover aprendizagens contextualizadas e interdisciplinares (Bergamaschi et al., 2022; Machado & Zago, 2020).

Neste cenário, observamos, no campo da Educação a utilização de diferentes nomenclaturas e conceituações para ações fundamentadas na Cultura Maker, tais como Educação Maker, Aprendizagem Maker e movimento Maker, as quais se materializam em variadas estruturas

educacionais, incluindo *Fab Labs, Fab Learn*, espaços Maker, laboratórios experimentais e criativos, centros de criatividade, espaços mão na massa, salas *DIY*, entre outras denominações já existentes ou que venham a surgir.

Embora a literatura utilize diferentes expressões relacionadas, cada uma enfatiza dimensões específicas do fenômeno. Por exemplo, a expressão "cultura Maker" ressalta competências como a criatividade, colaboração e compartilhamento em comunidades de aprendizagem (Blikstein et al., 2013; Mersand, 2020). O "movimento Maker", por sua vez, é descrito como um fenômeno social e tecnológico voltado à aprendizagem prática, com foco na construção de objetos e na solução de problemas práticos com as próprias mãos (Martin, 2015; Vuorikari et al., 2019). Já os "espaços Maker", "laboratório Maker" e "*makerspace*" são ambientes equipados com ferramentas digitais, onde os estudantes podem projetar, prototipar e criar de forma colaborativa (Bevan, 2017; Brahms & Crowley, 2016; Namukasa et al., 2023).

Considerando a diversidade terminológica presente na literatura, optamos, neste trabalho, pelo termo "modelo Maker", com a finalidade de reunir, de forma articulada, os diferentes princípios, práticas e concepções pedagógicas associados a essa abordagem no contexto educacional. Ainda que cada expressão destaque aspectos específicos, o uso do termo "modelo Maker" permite representar uma proposta pedagógica que articula autonomia, cooperação, criatividade, resolução de problemas e colaboração, alinhando-se a uma perspectiva integradora que dialoga com os pressupostos da educação STEAM.

Proposição Teórica do Modelo STEAM-Maker Colaborativo

A construção do modelo integrado STEAM-Maker colaborativo fundamenta-se em um conjunto articulado de referenciais teóricos de base epistemológica, psicológica e didática e tem por objetivo ampliar e qualificar a formação para além das competências definidas por marcos nacionais e internacionais, considerando os desafios educacionais, científicos, tecnológicos e sociais contemporâneos. Tais fundamentos são importantes para garantir a coerência pedagógica da proposta e orientar sua implementação em diferentes contextos educacionais.

O modelo integra concepções de aprendizagem que valorizam a mediação, a colaboração e a investigação, ancorando-se, entre outros, nas contribuições de Larry Laudan, Gerard Vergnaud, Jean Louis Martinand e Lev Vygotsky. Esses referenciais são mobilizados em níveis analíticos distintos e complementares na estruturação do modelo. Laudan (1984) contribui para a compreensão da produção do conhecimento científico como um processo orientado pela resolução de problemas; Vergnaud (1990) oferece subsídios para a análise da construção de conceitos e esquemas mobilizados pelos estudantes durante a aprendizagem; Martinand (1986) fundamenta o eixo didático do modelo por meio da noção de objetivo-obstáculo, permitindo que os objetivos de aprendizagem sejam definidos em função das representações e dificuldades identificadas nos estudantes e Vygotsky (1991) contribui para a compreensão da aprendizagem como um processo mediado socialmente, destacando o papel da interação, da linguagem e da colaboração na construção do conhecimento. Além disso, a proposta dialoga com metodologias ativas, tais como o desenho de engenharia, o

design thinking e a aprendizagem baseada em investigação, compreendidas neste trabalho como estratégias didáticas, que favorecem a investigação, a colaboração e a participação ativa dos estudantes, além da resolução de problemas, sem prescindir da centralidade do conhecimento científico e da atuação docente.

A partir desses fundamentos, a estruturação do modelo parte da análise das competências previstas na BNCC e em documentos internacionais voltados à educação para o século XXI. Contudo, essas competências não são assumidas como finalidade exclusiva do processo educativo, nem como prescrições a serem reproduzidas de forma linear. Neste estudo, elas são utilizadas como referências curriculares para a explicitação e contextualização dos objetivos de aprendizagem, contribuindo para a organização das ações pedagógicas e para a articulação entre os conhecimentos científicos, tecnológicos e sociais abordados. Dessa forma, orientam o trabalho pedagógico sem reduzir a educação ao desenvolvimento de competências isoladas ou ao atendimento de indicadores de desempenho.

Para além das competências: objetivos de aprendizagem no modelo STEAM-Maker colaborativo

O conceito de competência tem se consolidado como um eixo estruturante dos currículos em diversos documentos oficiais, tanto no âmbito nacional quanto no internacional, evidenciando sua centralidade na promoção de uma formação integral e alinhada às exigências do mundo contemporâneo (Perrenoud, 2000; Santo & Vosgerau, 2025; Tardif, 2006). No entanto, essa abordagem também é alvo de críticas. Alguns autores alertam para o risco de se privilegiar uma visão reducionista, que desvaloriza conteúdos teóricos importantes e reforça um viés técnico e instrumental da educação, voltado exclusivamente para a empregabilidade (Lustosa & Santos, 2014; Pimenta & Ghedin, 2006; Saviani, 2007).

Em contrapartida, sob uma perspectiva humanista, o desenvolvimento de competências pode ser compreendido como um processo educativo complexo e multidimensional, envolvendo dimensões cognitivas, sociais, emocionais e éticas, fundamentais para a formação de sujeitos críticos, autônomos e participativos (Tardif, 2006). Nesse sentido, buscamos evidenciar como as competências desenvolvidas pela educação STEAM e pela Cultura Maker podem ser mobilizadas na educação básica, contribuindo para processos de ensino e aprendizagem mais significativos. Tais competências vêm ganhando destaque em pesquisas acadêmicas (Binkley et al., 2012; Ortiz-Revilla et al., 2018; Sánchez, 2019; Silva & Behar, 2020), além de estarem presentes, direta ou indiretamente, em diretrizes, projetos e documentos nacionais e internacionais.

Entre os documentos, citamos a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que estabelece dez competências gerais para a educação básica no Brasil, com ênfase na formação integral, no pensamento científico, crítico e criativo, e na cultura digital (Brasil, 2018), a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), cujos relatórios e diretrizes promovem competências para o século XXI, como colaboração, resolução de problemas e responsabilidade global (OCDE, 2019) e a Organização das Nações Unidas para a Educação,

a Ciência e a Cultura (UNESCO), que orienta a educação para o desenvolvimento sustentável e a aprendizagem ao longo da vida, com foco em valores éticos, interculturalidade e inovação.

Cabe destacar que a referência a esses documentos não implica adesão irrestrita aos pressupostos teóricos ou políticos que os fundamentam. Neste estudo, eles são considerados como marcos curriculares amplamente presentes no debate educacional contemporâneo, cuja análise permite identificar aproximações e tensões com as abordagens STEAM e Maker.

De acordo com Maingain et al. (2008), para ensinar uma competência e avaliar sua aquisição, torna-se necessário construir uma representação do que se entende por essa competência, o que implica explicitar, ainda que mentalmente, o objetivo que a orienta. Do ponto de vista do professor, tal representação deve considerar os contextos de aprendizagem, as finalidades educativas que justificam a aquisição da competência, as realizações esperadas e os comportamentos observáveis associados a ela. Para os autores, esse processo de modelização das competências permite estabelecer e explicitar objetivos de aprendizagem, uma vez que a representação construída passa a orientar o trabalho pedagógico e, ao mesmo tempo, constitui, por si só, um objetivo de aprendizagem. Nessa perspectiva, a elaboração de representações do mundo assume uma dimensão humanista, na qual práticas interdisciplinares e transdisciplinares possibilitam a construção de processos formativos que se projetam para além de uma concepção restrita de competências (Maingain et al., 2008).

Com o objetivo de evidenciar essas aproximações, o Quadro 1 apresenta um comparativo entre algumas das competências que diferentes autores identificam como associadas às abordagens STEAM e Maker (Binkley et al., 2012; Fadel et al., 2016; Ortiz-Revilla, 2020) e as dez competências gerais da BNCC, explicitando possibilidades de articulação complementar entre essas propostas e uma compreensão integrada da educação. Entretanto, as competências não são compreendidas como finalidade exclusiva do processo educativo nem como prescrições a serem reproduzidas linearmente. Neste estudo, elas são utilizadas como referências curriculares que auxiliam na explicitação dos objetivos de aprendizagem e na organização de situações didáticas contextualizadas.

Para além do mapeamento de competências, torna-se necessário explicitar os objetivos de aprendizagem que emergem quando tais abordagens são compreendidas como práticas investigativas, socioculturais e axiológicas. Nesse sentido, o Quadro 1 inclui uma coluna dedicada à explicitação dos objetivos de aprendizagem alinhados às perspectivas epistemológicas, críticas e colaborativas do modelo STEAM-Maker. A definição desses objetivos inspira-se na definição de objetivo-obstáculo proposta por Martinand (1986), considerando que os objetivos de aprendizagem devem ser formulados em articulação com os conhecimentos a serem construídos, as representações dos estudantes e os obstáculos identificados durante o processo de aprendizagem.

Por sua vez, a Taxonomia de Bloom é utilizada como recurso auxiliar para explicitar os processos cognitivos mobilizados pelos estudantes e para apoiar a redação dos objetivos de aprendizagem apresentados no Quadro 1. Sua utilização tem caráter operacional e organizativo, não constituindo o fundamento epistemológico ou didático do modelo, que permanece ancorado nos referenciais de Laudan, Vergnaud, Martinand e Vygotsky.

Quadro 1. Comparativo entre as competências destacadas na literatura das abordagens STEAM e Maker e as competências gerais da BNCC.

Competências STEAM	Competências Maker	Competências Gerais BNCC	Objetivos de Aprendizagem
Resolução de Problemas e investigação científica	Solução Criativa De Problemas	Pensamento Científico, Crítico e Criativo	Identificar problemas do cotidiano, investigar suas causas e propor soluções fundamentadas, mobilizando o pensamento científico, crítico e criativo.
Criatividade e Inovação	Criatividade (Projetos Práticos)	Repertório Cultural	Explorar diferentes referências culturais, sociais e científicas e criar soluções inovadoras que respondam a necessidades reais.
Pensamento Crítico	Pensamento Crítico	Pensamento Científico, Crítico e Criativo	Analisar informações e evidências e avaliar as consequências éticas e socioambientais das soluções propostas.
Design Thinking e Comunicação	Design Thinking/ Soluções Inovadoras	Comunicação	Criar protótipos e explicar as decisões de design adotadas, comunicando processos e resultados de forma colaborativa.
Integração Disciplinar	Integração Interdisciplinar	Conhecimento	Relacionar conteúdos de diferentes áreas do conhecimento para compreender e resolver problemas de forma integrada.
Alfabetização Digital	Alfabetização Técnica	Cultura Digital	Aplicar recursos digitais de forma consciente e segura em atividades escolares.
Trabalho em Equipe e colaboração	Colaboração	Trabalho e Projeto de Vida	Atuar de forma colaborativa em atividades em grupo e avaliar responsabilidades e contribuições individuais e coletivas.
Aprendizagem Colaborativa	Aprendizagem Prática	Argumentação	Construir conhecimentos coletivamente por meio de atividades práticas e argumentar com base em experiências vivenciadas.
Tomada de Decisão	Confiança e Autoeficácia	Empatia e Cooperação	Analisar situações-problema e tomar decisões responsáveis considerando diferentes pontos de vista.
Adaptabilidade	Adaptabilidade e Flexibilidade	Autoconhecimento e Autocuidado	Reconhecer/compreender limites e potencialidades pessoais e adaptar-se a mudanças e desafios ao longo das atividades.
Raciocínio Matemático e Algorítmico	Habilidade Prática	Conhecimento	Aplicar conceitos matemáticos e lógicos na resolução de problemas práticos.
Pensamento Computacional	Pensamento Computacional	Cultura Digital	Organizar informações e elaborar soluções passo a passo utilizando estratégias de pensamento computacional.

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Ressaltamos, contudo, que tais objetivos configuram exemplos de articulação possível com as competências propostas, não se esgotando em si mesmos, uma vez que sua definição e aprofundamento dependem da proposta pedagógica desenvolvida em sala de aula, do contexto educacional e das intencionalidades formativas do professor.

Dessa forma, os objetivos não se restringem à descrição de desempenhos observáveis, mas buscam orientar processos de investigação, argumentação, colaboração e construção de

conhecimentos em contextos significativos. Essa organização permite visualizar como essas propostas potencializam formas de pensar, investigar, argumentar e agir no mundo, indo além dos desempenhos prescritos pela BNCC.

A análise apresentada no Quadro 1 evidencia pontos de convergência entre as competências frequentemente associadas às abordagens STEAM-Maker e aquelas presentes na BNCC. Tais aproximações não implicam equivalência conceitual entre essas perspectivas, nem a redução do modelo às competências previstas nos documentos curriculares. Ao contrário, permitem identificar possibilidades de articulação pedagógica capazes de contribuir para a construção de propostas contextualizadas, investigativas e integradoras. Essa convergência aponta para a construção de um modelo educacional colaborativo, centrado no estudante e orientado à resolução de problemas reais, sem necessariamente excluir a profundidade conceitual.

Ressaltamos, contudo, que a literatura indica a existência de outras competências associadas a essas abordagens, bem como as competências específicas relacionadas às diferentes áreas do conhecimento na BNCC. A opção por destacar apenas algumas delas justifica-se pelo objetivo de evidenciar aquelas que se mostram mais transversais e diretamente vinculadas à proposta do modelo STEAM-Maker colaborativo, sem a pretensão de esgotar a complexidade do estudo das competências.

Modelo de integração STEAM-Maker colaborativo

Após a análise das competências que fundamentam as bases educacionais das abordagens STEAM-Maker e da BNCC, apresentamos, na Figura 1, o modelo de integração STEAM-Maker colaborativo. Essa proposta tem como referência o modelo desenvolvido por Ortiz-Revilla et al. (2021), constituindo uma articulação teórica que reúne contribuições de diferentes áreas do conhecimento com o objetivo de promover uma abordagem educacional mais integrada. A aplicação exitosa desse modelo teórico em diversas áreas (Greca et al., 2021; Martínez-Martínez & Greca, 2024; Ortiz-Revilla et al., 2021; Terceño & Greca, 2023) reforça sua relevância como referencial teórico para orientar os processos de implementação e avaliação de propostas pedagógicas integradoras, em nosso caso, para a integração das abordagens STEAM-Maker.

Adotamos o modelo reticular de resolução de problemas, proposto por Laudan (1984), segundo o qual o desenvolvimento científico é compreendido como uma rede triádica de justificações mútuas entre teorias, métodos e objetivos, considerados níveis interdependentes. Esses níveis mantêm entre si uma relação de influência recíproca, embora suas transformações não ocorram necessariamente simultaneamente.

No presente estudo, o modelo reticular é utilizado como referência para a organização conceitual da proposta, não constituindo uma transposição direta de uma teoria da mudança científica para o campo educacional. Sua contribuição consiste em oferecer uma estrutura analítica que permite compreender as relações de interdependência entre fundamentos teóricos, escolhas metodológicas e finalidades educativas.

Para o autor, esses níveis mantêm relações de influência recíproca, ainda que suas transformações não ocorram necessariamente de forma simultânea: os métodos podem

justificar determinadas teorias, as teorias delimitam os métodos considerados válidos, os objetivos orientam a escolha dos métodos e estes, por sua vez, demonstram sua viabilidade, enquanto as teorias devem manter coerência com os objetivos propostos, assegurando a consistência do sistema teórico como um todo (Greca et al., 2021; Ortiz-Revilla et al., 2022).

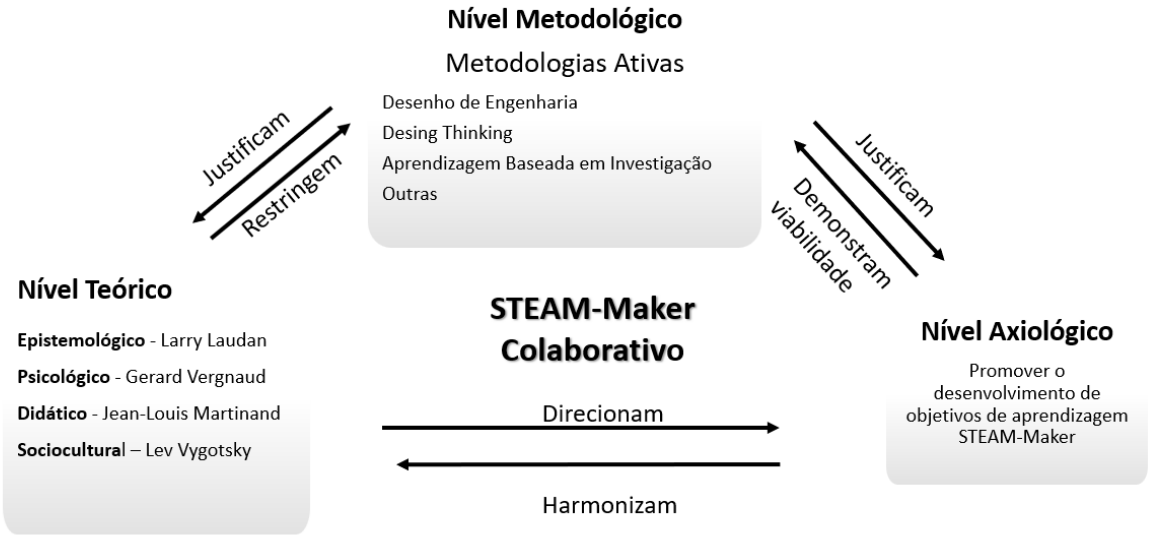


Figura 1. Esquema do modelo de integração STEAM-Maker colaborativo.

Na Figura 1, no centro da rede triádica está o STEAM-Maker colaborativo, que enfatiza a ação prática, o desenvolvimento de soluções concretas e a participação ativa dos estudantes. Dessa forma, buscamos favorecer a integração entre teoria e prática em ambientes colaborativos, ampliando o alcance e a aplicabilidade pedagógica do modelo. Essa perspectiva fundamenta o modelo apresentado na Figura 1, sustentado por três níveis interdependentes: (i) o nível teórico, constituído por fundamentos epistemológicos, psicológicos, didáticos e socioculturais; (ii) o nível metodológico, responsável por orientar a prática pedagógica por meio de metodologias ativas; e (iii) o nível axiológico, voltado à definição e ao desenvolvimento dos objetivos de aprendizagem.

(i) Nível Teórico – O primeiro nível do modelo está ancorado em diferentes campos teóricos que sustentam a compreensão dos processos de ensino e aprendizagem em contextos interdisciplinares, transdisciplinares e colaborativos. Do ponto de vista epistemológico, destacamos Larry Laudan, cuja abordagem do progresso científico sustenta o desenvolvimento de práticas educativas baseadas na investigação e na resolução de problemas, articulando o conhecimento científico à construção social da ciência. Para Laudan (1977, 2011) o conhecimento científico se desenvolve por meio da resolução progressiva de problemas reais. No contexto educacional, essa contribuição não é compreendida como uma simples orientação pragmática voltada à obtenção de resultados imediatos, mas como uma referência para a seleção de problemas socialmente relevantes, capazes de mobilizar a investigação, a reflexão crítica e a construção de conhecimentos significativos pelos estudantes.

O eixo psicológico fundamenta-se no referencial teórico de Gérard Vergnaud, cujas contribuições são importantes para a compreensão dos processos cognitivos envolvidos na aprendizagem. Para esta teoria, a conceitualização é o fator determinante para o desenvolvimento cognitivo, que é alcançado mediante o enfrentamento de diversas situações (tarefas), sejam teóricas ou empíricas, dos contextos culturais vivenciados pelos sujeitos. Vergnaud (2017) investiga, assim, o sujeito do conhecimento em resposta a uma situação de ensino, propondo que o desenvolvimento conceitual ocorre progressivamente por meio da experiência, da maturação e do processo de aprendizagem, o que requer que o sujeito enfrente várias situações para desenvolver esses campos conceituais. Para o nosso modelo, isso implica que o sujeito resolva, de forma prática, variadas situações que lhe permitam se apropriar dos diferentes campos conceituais das áreas STEAM.

Embora a teoria de Gerard Vergnaud apresente implicações significativas para a prática pedagógica, em conformidade com o modelo de Ortiz-Revilla et al. (2021), adotamos também um eixo didático específico. Esse apoia-se nas contribuições de Jean-Louis Martinand para sustentar o processo de ensino, tendo como base a transposição didática e sua concepção de objetivo-obstáculo. Segundo o autor, a identificação dos obstáculos que o aluno deve superar para compreender um conceito constitui um elemento central na formulação de metas de aprendizagem. A transposição didática, por sua vez, é compreendida como um processo essencial que viabiliza a transformação de um objeto de conhecimento científico em objeto a ser ensinado (presente no currículo) e, posteriormente, em objeto efetivamente ensinado no contexto escolar (Martinand, 1988). Isto implica que o processo de ensino não se limita à simples transmissão de conteúdos, mas também exige a identificação e a análise dos obstáculos cognitivos enfrentados pelos estudantes, a fim de planejar intervenções didáticas adequadas.

No nosso modelo, isso implica a seleção de projetos e situações de acordo com os obstáculos cognitivos dos estudantes em relação à temática abordada. Contudo, essa seleção não constitui um percurso rígido ou previamente determinado, mas um referencial para orientar intervenções pedagógicas capazes de favorecer a autonomia, a investigação e a participação ativa dos estudantes ao longo do processo formativo.

Por fim, o eixo sociocultural enfatiza a importância do contexto social da aprendizagem, ancorado na teoria sociocultural de Lev Vygotsky. Vygotsky (1991) argumenta que a aprendizagem ocorre por meio da interação social e que o crescimento do indivíduo é fruto da interação com o mundo e com as pessoas que ele interage. Para o autor, a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) evidencia a importância da interação social no processo de aprendizagem, destacando o papel central da colaboração entre os pares e da mediação do professor. Além da colaboração entre pares, a teoria sociocultural destaca o papel da linguagem, dos instrumentos culturais e dos processos de significação na construção do conhecimento (Constantino & Silva, 2025). Nesse sentido, a aprendizagem não é compreendida apenas como resultado da interação entre estudantes, mas também como um processo de mediação social e cultural que possibilita a apropriação crítica dos conhecimentos historicamente produzidos.

Nesse sentido, o desenvolvimento cognitivo ocorre por meio de processos colaborativos, nos quais a aprendizagem é construída coletivamente. Essa perspectiva fundamenta o estilo colaborativo no modelo STEAM-Maker, no qual a integração entre diferentes áreas do conhecimento é mediada pela interação ativa entre os sujeitos, entre si e pela participação em projetos. De acordo com Cohen & Lotan (2017), em ambientes Maker e integrados à educação STEAM, o trabalho coletivo, os desafios em grupo e a coautoria de soluções, desempenham papel central no processo formativo. Assim, a valorização de ambientes colaborativos, digitais ou físicos, estimula a participação, a troca de saberes e a construção de projetos interdisciplinares e transdisciplinares (Fernandes & Meirinhos, 2024; Marostica, 2023). A colaboração visa consolidar práticas pedagógicas integradoras e contextualizadas às realidades dos estudantes, promovendo espaços de aprendizagem inovadores, flexíveis e centrados no estudante. Ao articular teoria, prática e colaboração, essa abordagem contribui para uma educação mais significativa, equitativa e alinhada aos desafios do século XXI.

(ii) Nível Metodológico – Nesse nível, o modelo articula com metodologias ativas, compreendidas como estratégias didáticas que atribuem centralidade ao protagonismo do estudante e à construção significativa do conhecimento (Moran, 2018), sem prescindir da mediação docente. Essas metodologias não são consideradas equivalentes entre si, mas complementares, uma vez que mobilizam diferentes formas de investigação, criação, resolução de problemas e produção de conhecimento, contribuindo para atender à diversidade de objetivos educacionais presentes no modelo. Tais abordagens dialogam com os pressupostos da Cultura Maker, na qual o princípio do "aprender fazendo" ocupa posição central no processo formativo (Martins & Giraffa, 2018).

No contexto desta proposta, destacamos três metodologias ativas amplamente discutidas na literatura: o Desenho de Engenharia (*Engineering Design*), o *Design Thinking* e a Aprendizagem Baseada em Investigação (*Inquiry-Based Learning*), por sua potencialidade em favorecer processos investigativos, colaborativos e reflexivos (Bybee, 2011; Gonsales, 2018; Razzouk & Shute, 2012; Toma & Greca, 2018). Embora possuam finalidades e processos distintos, essas metodologias compartilham características compatíveis com o modelo, como a problematização, a participação ativa dos estudantes, a colaboração e a articulação entre teoria e prática. Sua adoção depende dos objetivos de aprendizagem, da natureza do problema investigado e do contexto educacional em que são mobilizadas.

(iii) Nível Axiológico – nesse nível explicitam-se as finalidades educativas que orientam a proposta integrada, em articulação e equilíbrio com os níveis epistemológico e metodológico. O foco recai sobre a explicitação de objetivos de aprendizagem relacionados aos conhecimentos, valores e práticas mobilizados nas situações educativas. Embora possam dialogar com competências presentes em documentos curriculares nacionais e internacionais, tais objetivos não se restringem a elas, sendo definidos em função dos problemas investigados, dos contextos de aprendizagem e das intencionalidades formativas da proposta pedagógica.

Esse nível conecta os objetivos educacionais às práticas efetivas, garantindo o alinhamento entre prática, teoria e currículo, conforme destacado no Quadro 1. Assim, por exemplo, se os estudantes trabalham num ambiente colaborativo STEAM-Maker sobre mudanças

climáticas, podem desenvolver competências como o pensamento científico e crítico, a cultura digital, a empatia e a responsabilidade socioambiental. Atuam em equipe, interpretam dados reais, elaboram visualizações gráficas e argumentam sobre os impactos das mudanças climáticas na agricultura. Tais competências, conforme previstas na BNCC, refletem uma concepção de formação humana que vai além de um enfoque instrumental ou tecnicista. Em vez de limitar-se à execução de tarefas técnicas, o desenvolvimento de competências nesse contexto visa fomentar a autonomia intelectual, a criatividade e a capacidade de tomar decisões fundamentadas, aspectos essenciais para a participação ativa e crítica na sociedade contemporânea (Perrenoud & Thurler, 2009; Tardif, 2006).

Reafirmamos que as competências não são compreendidas como fins em si mesmas, mas como parte de um conjunto mais amplo de objetivos formativos. Quando articuladas aos conhecimentos científicos, às dimensões éticas, à participação colaborativa e à reflexão crítica, podem contribuir para processos educativos voltados ao desenvolvimento integral dos estudantes e à inovação pedagógica (Maingain et al., 2008; Santo & Vosgerau, 2025; Zabala & Arnau, 2020).

Proposição Prática do Modelo STEAM-Maker Colaborativo

Nesta seção, apresentamos uma proposta prática baseada no modelo teórico de integração STEAM-Maker colaborativo, fundamentada em um problema real e planejada para ser implementada em uma unidade curricular dos itinerários formativos do Ensino Médio. A proposta visa o desenvolvimento de objetivos de aprendizagem por meio da abordagem de temas integradores, contextualizados e acessíveis às diferentes realidades. A Figura 2 apresenta os níveis do modelo triádico adaptado, que orienta a aplicação do referencial teórico na elaboração de uma unidade didática STEAM-Maker colaborativa para uma unidade curricular sobre o problema proposto.

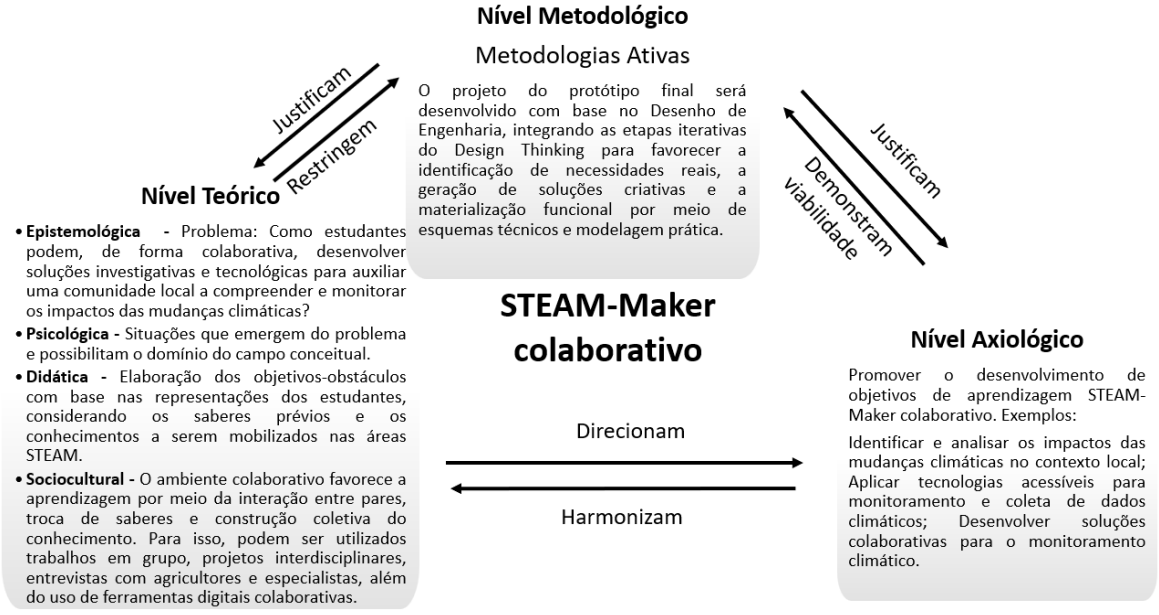


Figura 2. Níveis do modelo triádico para uma proposta STEAM-Maker colaborativa.

Para ilustrar essa proposta, partimos de uma questão ampla e relevante para diversos contextos educacionais brasileiros: *Como estudantes podem, de forma colaborativa, desenvolver soluções investigativas e tecnológicas para auxiliar uma comunidade local a compreender e monitorar os impactos das mudanças climáticas?* Esse problema possibilita a articulação de conhecimentos das áreas de Física, Biologia, Geografia, Matemática e Tecnologia, entre outras, a partir de metodologias ativas, como o design de engenharia e o *design thinking*, as quais contribuem para a estruturação de processos investigativos orientados à resolução de problemas reais, à elaboração de soluções e à prototipagem, conforme discutem Wendell et al. (2010) e Razzouk e Shute (2012). Essas metodologias favorecem, ainda, momentos de reflexão crítica sobre os processos e os resultados obtidos, aspecto central na educação STEAM e na Cultura Maker. Assim, trata-se de uma proposta flexível, que pode ser adaptada às condições e possibilidades de cada escola, favorecendo sua aplicação em diferentes regiões do Brasil.

A proposta está alinhada à ideia de progresso científico como solução para problemas empíricos e conceituais (Laudan 1977, 2011), ao mesmo tempo em que busca desenvolver competências para a vida em sociedade (Junior et al., 2024). O problema central sugerido permite abordar diferentes campos conceituais relacionados às mudanças climáticas, à meteorologia e à sustentabilidade, incentivando a reflexão crítica e a elaboração de soluções contextualizadas e práticas. Ao abordar simultaneamente desafios locais e globais enfrentados pela sociedade, a proposta promove a criação de estratégias didáticas voltadas ao enfrentamento dos impactos ambientais que afetam diretamente as comunidades locais (Carvalho & Watanabe, 2024).

Nesse contexto, o estudante é inserido em um ambiente colaborativo, no qual atua como protagonista na construção do conhecimento, articulando teoria e prática de forma significativa. A aprendizagem ocorre por meio da investigação de várias situações-problema que mobilizam e reorganizam os invariantes operatórios dos estudantes (Vergnaud 1990, 2017). Tais situações podem ser formuladas por meio de questões orientadoras, como: Quais impactos das mudanças climáticas são observados no contexto local, como variações de temperatura, escassez hídrica ou ocorrência de alagamentos, e de que forma esses fenômenos afetam a comunidade?; Quais tecnologias acessíveis podem ser empregadas para o monitoramento, registro e organização dessas informações de forma contínua e confiável?; De que maneira a solução desenvolvida pode contribuir para a conscientização, o diálogo comunitário e a tomada de decisões locais relacionadas aos impactos das mudanças climáticas?.

A investigação dessas situações-problema mobiliza os invariantes operatórios dos estudantes, conforme descrito por Vergnaud (1990, 2017), ao exigir a articulação entre conceitos, teoremas e regras de ação na resolução da situação-problema investigada. No que se refere aos conceitos-em-ação, mobilizam-se noções relacionadas à identificação e à análise dos impactos das mudanças climáticas no contexto local, como variação de temperatura, níveis de umidade do ar, volume de precipitação e sua relação com fenômenos como escassez hídrica ou alagamentos, bem como a interpretação de unidades de medida e de registros temporais desses dados. Os teoremas-em-ação manifestam-se nas representações

construídas pelos estudantes ao estabelecerem relações explicativas, por exemplo, ao compreenderem que variações climáticas podem afetar as atividades produtivas da comunidade, que determinados padrões de dados indicam situações de risco, ou que a escolha e o posicionamento dos sensores interferem na confiabilidade das informações coletadas. Por fim, as regras de ação envolvem decisões práticas coerentes com as questões orientadoras, tais como selecionar tecnologias acessíveis para o monitoramento ambiental, organizar e analisar os dados coletados, programar sistemas de registro e alerta e comunicar os resultados de forma compreensível, de modo a subsidiar a conscientização e a tomada de decisões no contexto local. Entendemos que diferentes situações favorecem o desenvolvimento de estruturas cognitivas de níveis de complexidade distintos. Assim, o possível domínio do campo conceitual das mudanças climáticas ocorre progressivamente, à medida que os estudantes constroem significados por meio da articulação de conceitos em diferentes situações.

Ao longo da proposta, diferentes conceitos são mobilizados de forma integrada, promovendo uma abordagem interdisciplinar alinhada à perspectiva STEAM-Maker. A física contribui com noções como temperatura, pressão, umidade e radiação; a matemática está presente por meio da leitura e da construção de gráficos, além da aplicação de estatística; a geografia e a biologia oferecem fundamentos para a compreensão do clima regional, dos biomas e dos impactos na comunidade; e a química introduz conteúdos relacionados aos gases atmosféricos. A Tecnologia é mobilizada no uso de sensores e plataformas de automação, possibilitando a coleta e o monitoramento em tempo real de variáveis ambientais. A Engenharia entra na etapa de concepção, prototipagem e montagem da estação climática, exigindo conhecimentos sobre sistemas estruturais, conectividade e eficiência operacional. As Artes são mobilizadas desde a fase de problematização, contribuindo para a observação do território, passando pela criação de representações visuais dos dados coletados, até a elaboração de produtos comunicativos que dialogam com a comunidade local. Essa perspectiva compreende as Artes como linguagem, forma de pensamento e mediação cultural, em consonância com os pressupostos do STEAM.

No eixo didático, Martinand (1988) destaca que a identificação de obstáculos à aprendizagem é um passo importante para a definição de objetivos educacionais. Esses obstáculos referem-se a concepções que os estudantes trazem consigo e interferem na compreensão dos conteúdos escolares. Identificá-los permite ao professor planejar intervenções pedagógicas baseadas em estratégias de superação alinhadas aos objetivos de aprendizagem. Esses obstáculos podem assumir diferentes naturezas, como os conceituais, procedimentais, atitudinais, contextuais, comunicativos ou epistemológicos (Ortiz-Revilla et al., 2021). Por exemplo, muitos estudantes tendem a associar o clima exclusivamente à variação de temperatura, sem compreender a distinção entre clima e tempo, o que constitui um obstáculo conceitual que pode ser enfrentado por meio da análise de dados meteorológicos reais, ampliando a compreensão científica. Outro exemplo é a ideia de que as tecnologias digitais são restritas a ambientes urbanos ou industriais. Tal obstáculo contextual pode ser superado por meio da apresentação de sensores acessíveis e de plataformas de código aberto utilizadas na agricultura, o que demonstra a aplicabilidade tecnológica no campo.

A identificação dessas representações permite ao professor delinear percursos didáticos que promovam a reconstrução do conhecimento, articulando conteúdos científicos a situações significativas para os estudantes. Como mencionado, Martinand (1988) destaca que a identificação dos obstáculos é fundamental para a organização dos objetivos de aprendizagem, pois permite que o ensino se organize a partir de situações concretas vivenciadas diretamente pelos estudantes. A partir desse contexto, propõe-se aos estudantes um desafio: a construção de uma estação climática de custo acessível para o monitoramento de condições ambientais, como temperatura, umidade do ar e do solo, índice pluviométrico e radiação solar. Esse desafio é desenvolvido de forma progressiva, sendo precedido pela superação de obstáculos conceituais e procedimentais, como a diferenciação entre tempo e clima, a compreensão das variáveis meteorológicas envolvidas, o funcionamento dos sensores e a interpretação dos dados coletados. Para sua resolução, os estudantes deverão explorar e reunir uma série de conceitos científicos e tecnológicos, abrangendo áreas como meteorologia, eletrônica básica, sensores ambientais, design de sistemas, programação de microcontroladores e análise de dados, todas elas mobilizadas por meio de metodologias ativas em um ambiente colaborativo.

Para o nível metodológico, propomos a articulação entre as metodologias ativas do *Design Thinking* e do Desenho de Engenharia, com o objetivo de orientar os estudantes no desenvolvimento colaborativo de soluções que auxiliem uma comunidade local a compreender e monitorar os impactos das mudanças climáticas. O processo tem início na fase de Imersão (*Design Thinking*), na qual os estudantes investigam o contexto local por meio de entrevistas com membros da comunidade, visitas técnicas e levantamento de situações-problema, o que possibilita a coleta de dados e informações relevantes sobre os impactos climáticos vivenciados. Na sequência, ocorre a fase de Definição e Interpretação do Problema (*Design Thinking*), as informações levantadas são sistematizadas, permitindo a identificação das necessidades locais e a formulação do desafio central de forma contextualizada, em consonância com a questão norteadora: de que maneira a solução desenvolvida pode contribuir para a conscientização, o diálogo comunitário e a tomada de decisões locais relacionadas aos impactos das mudanças climáticas? A etapa de Ideação (*Design Thinking*) contempla a proposição de diferentes possibilidades de solução, incluindo a elaboração de modelos físicos ou digitais e a seleção de tecnologias acessíveis, como sensores, microcontroladores, fontes de energia e estruturas de suporte. Essa fase favorece o exercício da criatividade, do pensamento crítico e do trabalho colaborativo, ao mesmo tempo em que estimula a tomada de decisões. Em seguida, desenvolve-se a fase de Prototipagem, Testes e Validação (Desenho de Engenharia articulado ao *Design Thinking*), na qual as propostas são construídas, testadas e avaliadas em contextos reais ou simulados, permitindo ajustes e aprimoramentos com base na análise dos dados coletados e no feedback da comunidade envolvida.

Por fim, a etapa de Avaliação, Comunicação e Evolução da Solução (Desenho de Engenharia + *Design Thinking*) envolve a sistematização dos resultados, a comunicação das informações de forma acessível à comunidade e a reflexão sobre a aplicabilidade, as limitações e as potencialidades da solução desenvolvida. Essa integração metodológica evidencia como a articulação entre *Design Thinking* e Desenho de Engenharia favorece a construção de

soluções técnicas contextualizadas, baseadas na investigação, na empatia e na colaboração, contribuindo para uma aprendizagem significativa e alinhada ao problema proposto.

Na dimensão sociocultural, o ambiente colaborativo estabelecido pelas metodologias empregadas contribui para a aprendizagem ao promover a interação social, facilitar a mediação entre estudantes e professores e favorecer a construção coletiva do conhecimento. Essa perspectiva dialoga com a teoria histórico-cultural de Vygotsky (1991), ao compreender a aprendizagem como um processo mediado pelas relações sociais e pelos instrumentos culturais, nos quais as interações assumem papel central no desenvolvimento das funções psicológicas superiores. Nessa direção, as práticas colaborativas ampliam as possibilidades de atuação dos estudantes em sua zona de desenvolvimento proximal, favorecendo avanços cognitivos por meio do diálogo, da cooperação e da mediação pedagógica.

Nesse sentido, os espaços Makers representam uma concretização dessa abordagem ao valorizarem o "aprender fazendo" e estimularem práticas ativas, criativas, críticas e colaborativas, voltadas à experimentação e à inovação (Blikstein, 2017; Gondim et al., 2022). Esses ambientes, embora muitas vezes associados a laboratórios específicos, como Makerspaces e Fab Labs, que contam com equipamentos como impressoras 3D, kits de robótica e cortadoras a laser, também podem ser adaptados a salas de aula convencionais por meio do uso de materiais acessíveis, como papelão, componentes eletrônicos reaproveitados e sensores simples, entre outros recursos de custo acessível. Conforme destaca Moura (2019), o movimento Maker constitui-se como uma iniciativa colaborativa fundamentada na utilização de recursos e na partilha de ideias, projetos e concepções, o que reforça seu caráter democrático e acessível no contexto educacional.

O ambiente colaborativo também favorece a aprendizagem ao mobilizar os estudantes em tarefas significativas, baseadas na troca de saberes e na construção coletiva de soluções (Dougherty, 2016). No contexto do problema climático, podemos propor, por exemplo, a criação colaborativa de uma estação climática de custo acessível como protótipo funcional. Para isso, os estudantes se organizarão em grupos com funções específicas, como pesquisador de campo, programador, projetista e comunicador. O desenvolvimento ocorrerá num ambiente Maker que funciona como um espaço colaborativo e experimental, promovendo a solução de problemas práticos e a resolução de problemas reais.

Nesse contexto, as equipes de estudantes atuam de forma interdisciplinar, integrando conhecimentos das áreas STEAM para projetar e montar uma estação meteorológica que utiliza sensores de temperatura, umidade e pluviosidade, microcontroladores, como o Arduino, e softwares de visualização de dados. Todo o processo é mediado por uma equipe de professores das áreas envolvidas, responsável por propor o desafio inicial, identificar os principais obstáculos, definir objetivos de aprendizagem adequados e acompanhar, de forma contínua, o desenvolvimento do projeto. Os docentes orientam as pesquisas dos estudantes, avaliam o processo formativo e oferecem intervenções pedagógicas sempre que necessário. As informações geradas são validadas com o apoio de especialistas e compartilhadas com a comunidade local, contribuindo para a adaptação das práticas produtivas e ampliando o impacto social da proposta.

A proposição prática descrita nesta seção exemplifica a aplicação integrada do modelo STEAM-Maker colaborativo, evidenciando como seus fundamentos teóricos, metodológicos e axiológicos podem ser articulados em uma proposta didática concreta. Destacamos, contudo, que o modelo não se apresenta como uma estrutura fechada ou prescritiva, mas como uma referência flexível, cuja configuração final depende do projeto a ser desenvolvido, das escolhas pedagógicas do professor, do tempo disponível para o trabalho em sala de aula e dos temas e problemas selecionados no contexto escolar.

No que se refere à infraestrutura Maker, destacamos que o modelo STEAM-Maker colaborativo não pressupõe espaços especializados ou equipamentos de alta tecnologia como condição para sua implementação. A abordagem privilegia a organização pedagógica das atividades, o trabalho colaborativo e a resolução de problemas contextualizados, podendo ser desenvolvida com recursos acessíveis, materiais de baixo custo e tecnologias já disponíveis no contexto escolar.

Considerações e Implicações para o ensino de Ciências

A proposta do modelo integrado STEAM-Maker colaborativo apresentada neste artigo, traz implicações para o ensino de Ciências ao propor uma reorganização das práticas pedagógicas baseada na investigação, na colaboração e na articulação entre diferentes áreas do conhecimento. Do ponto de vista do ensino, o modelo desloca o foco das abordagens centradas na transmissão de conteúdos para práticas que valorizam a resolução de problemas, a mediação pedagógica e o protagonismo dos estudantes, em consonância com perspectivas contemporâneas de aprendizagem ativa e contextualizada.

No contexto da educação básica, o modelo STEAM-Maker colaborativo contribui para repensar a organização curricular ao promover a integração interdisciplinar e o trabalho com temas socialmente relevantes, como as mudanças climáticas. Ao integrar investigação científica, tecnologias acessíveis, práticas colaborativas e produção de soluções concretas, o modelo amplia as possibilidades de contextualização do conhecimento científico e fortalece a relação entre teoria e prática. Ademais, ao considerar as Artes como linguagem, forma de pensamento, produção de conhecimento e mediação cultural, o modelo reconhece que diferentes modos de representar, interpretar e problematizar a realidade podem contribuir para os processos investigativos. Essa abordagem é respaldada por estudos brasileiros que evidenciam como diferentes formas de expressão artística favorecem a construção de conhecimentos científicos e o desenvolvimento de práticas interdisciplinares no ensino de Ciências e Biologia (Soares et al., 2021). Nessa perspectiva, as Artes não se limitam à comunicação ou à representação visual dos resultados, mas participam ativamente da produção de conhecimento ao ampliar as possibilidades de observação, imaginação, interpretação e elaboração de explicações sobre os fenômenos investigados. Assim, contribuem para a construção de sentidos, para a reflexão crítica e para a articulação entre diferentes formas de conhecer e compreender a realidade.

Reconhecemos, entretanto, que a implementação de propostas STEAM-Maker em contextos escolares está condicionada a fatores estruturais, como infraestrutura, acesso a recursos

tecnológicos, condições de trabalho docente e oportunidades de formação continuada. Em especial, no contexto das escolas públicas brasileiras, tais desafios demandam estratégias flexíveis e adaptações que considerem as especificidades locais, evitando a reprodução de modelos descontextualizados ou dependentes de recursos de difícil acesso.

Do ponto de vista formativo, a proposta implica mudanças na atuação docente, exigindo do professor um papel de mediador, articulador de saberes e organizador de contextos de aprendizagem que favoreçam a investigação, a colaboração e a participação ativa dos estudantes. Embora o planejamento didático envolva a definição de objetivos e possíveis obstáculos à aprendizagem, os percursos investigativos permanecem abertos à participação, às escolhas e às contribuições dos estudantes ao longo do processo. A atuação em ambientes colaborativos e investigativos demanda planejamento, domínio conceitual e a participação de toda a equipe docente para lidar com a diversidade, os saberes e as experiências dos estudantes. Nesse sentido, o modelo integrado STEAM-Maker colaborativo aponta para a necessidade de investimentos na formação inicial e continuada de professores, especialmente no que se refere ao desenvolvimento de conhecimentos pedagógicos, digitais e investigativos, bem como de competências para o trabalho interdisciplinar.

Embora dialogue com o desenvolvimento de competências amplamente valorizadas nas políticas educacionais contemporâneas, a proposta apresentada não se limita a uma formação orientada exclusivamente pelo desempenho ou por resultados mensuráveis. Ao articular investigação, colaboração e problematização de situações reais, o modelo assume uma perspectiva crítica, compreendendo a aprendizagem como um processo social e cultural, no qual o conhecimento científico é mobilizado para interpretar, questionar e intervir na realidade. Entre suas principais contribuições, destacamos a construção de uma fundamentação teórica que contribui para superar críticas frequentemente atribuídas às abordagens STEAM e Maker, priorizando um ensino mais humanista e distanciando-se da abordagem tecnicista (Ortiz-Revilla et al., 2021).

Dessa forma, o modelo propõe uma formação que favorece o desenvolvimento de sujeitos capazes de analisar criticamente as dimensões científicas, sociais, ambientais, econômicas e éticas dos problemas investigados, reconhecendo que muitos dos desafios contemporâneos não possuem apenas causas ou soluções técnicas, mas envolvem também processos históricos, políticos e culturais que precisam ser considerados na construção de respostas socialmente responsáveis. Nessa perspectiva, a investigação de temas como as mudanças climáticas não se limita à elaboração de soluções ou produtos, mas também envolve a compreensão crítica de seus impactos, das desigualdades associadas a esses efeitos e das diferentes formas de participação social relacionadas ao problema. Além disso, o modelo propicia a relação entre teoria e prática, a interdisciplinaridade, aproximando a escola dos desafios contemporâneos (Greca et al., 2021).

Por fim, ao ser colocado em diálogo com outros quadros interpretativos presentes na literatura sobre STEAM e Cultura Maker, o modelo proposto evidencia avanços ao integrar explicitamente dimensões epistemológicas, metodológicas e axiológicas da prática educativa, sem perder de vista o contexto social no qual a aprendizagem ocorre. Reconhecemos, contudo, que o modelo não pretende esgotar o debate, mas sim contribuir para o

aprofundamento das discussões sobre práticas pedagógicas teoricamente fundamentadas e socialmente comprometidas no campo do Ensino de Ciências, incentivando novas investigações e reflexões críticas acerca de seus limites, potencialidades e possibilidades de adaptação a diferentes contextos educacionais.

Agradecimentos

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro concedido, para o desenvolvimento desta pesquisa.

Referências

Aguilera, D., & Ortiz-Revilla, J. (2021). STEM vs. STEAM education and student creativity: A systematic literature review. *Education Sciences*, *11*, 331. https://doi.org/10.3390/educsci11070331

Akerson, V. L., Burgess, A., Gerber, A., Guo, M., Khan, T. A., & Ynewman, S. (2018). Disentangling the meaning of STEM: Implications for science education and science teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, *29*(1), 1–8. https://doi.org/10.1080/1046560X.2018.1435063

Aleixo, A. A., Silva, B., & Ramos, M. A. S. (2021). Análisis del uso de la cultura Maker en contextos educativos: una revisión sistemática de la literatura. *Educatio Siglo XXI*, *39*(2), 143-168. https://doi.org/10.6018/educatio.465991

Almeida, N. V., & dos Santos, G. V. D. A. (2024). Como as tecnologias podem ajudar os alunos a aprimorar suas competências em resolver problemas matemáticos complexos. *Revista Tópicos*, *2*(13), 1-14. https://doi.org/10.5281/zenodo.13846424

Almeida, A. D. C., Wunsch, L. P., & Martins, E. B. (2022). Aprendizagem criativa e a educação Maker: análise de *boas práticas*. *Dialogia, 40*, Artigo e21067. https://doi.org/10.5585/40.2022.21067

Anderson, C. (2012). *Makers: A nova revolução industrial*. Rio de Janeiro: Elsevier Editora.

Bacich, L., Holanda, L. (2020). STEAM: integrando as áreas para desenvolver competências. In: Bacich, L.; Holanda, L. (Orgs.). *STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na Educação Básica* (p. 1-12). Penso.

Beserra, A. A. (2024). Educação Digital na Educação 4.0: Formação de professores e desafios sociais. *Revista Ibero-Amerianca de Humanidades, Ciência e Educação*, *10*(11), 2140-2163. https://doi.org/10.51891/rease.v10i11.15081

Bergamaschi, C. L., Gonçalves, M. A. L., Campos, C. R. P., & Passos, M. L. S. (2022). O uso da metodologia STEAM em sala de aula na dimensão da Educação Ambiental no currículo: reflexões iniciais. *Revista Pedagógica*, *24*, 1-26.

Bevan, B. (2017). The promise and the promises of Making in science education. *Studies in Science Education*, *53*(1), 75–103. https://doi.org/10.1080/03057267.2016.1275380

Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Miller-Ricci, M., & Rumble, M. (2012). Defining twenty-first century skills. In: *Assessment and teaching of 21st century skills* (p. 17-66). https://doi.org/10.1007/978-94-007-2324-5_2

Blikstein, P. (2013). Educação mão na massa. São Paulo, USP – Universidade de São Paulo. Conferência FabLearn Brasil. https://porvir.org/especial/maonamassa/

Blikstein, P. (2017). Sete vantagens de integrar a cultura Maker ao currículo escolar. São Paulo: Oficina Instituto Claro, 2017. https://www.institutoclaro.org.br/educacao/nossas-novidades/reportagens/7-vantagens-de-integrar-a-cultura-maker-ao-curriculo-escolar/

Brasil. Ministério da Educação. (2018). Base Nacional Comum Curricular. Secretaria de Educação Básica.

Brasil (2024). CNPq. Chamada Pública CNPq/MCTI/FNDCT Conecta e Capacita nº 13/2024 – Programa Mais Ciência na Escola. Brasília, DF: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 11 jun. 2024. Disponível em: https://www.gov.br/cnpq/pt-br/assuntos/noticias/cnpq-em acao/ChamadaPblicaCNPqMCTIFNDC Tn132024.pdf

Brahms, L., & Crowley, K. (2016). Making sense of making: Defining learning practices in *MAKE magazine*. In *Makeology* (p. 13-28). Routledge.

Bybee, R. W. (2011). Scientific and engineering practices in K-12 classrooms. *Science Teacher*, *78*(9), 34-40. https://static.nsta.org/ngss/resources/201112_Framework-Bybee.pdf

Calheiro, L.B., Greca, I.M. (2025). Which Maker and STEAM integration styles stand out in education? A systematic review of pedagogical practices in teacher education. *Int J Technol Des Educ*, *36*, 951–981. https://doi.org/10.1007/s10798-025-10017-y

Carvalho, A. B. G. P. D. (2024). FAB LAB e educação no Brasil: as ações de disseminação da cultura Maker na educação básica e no ensino superior. *Texto Livre*, *17*, Artigo e52809. https://doi.org/10.1590/1983-3652.2024.52809

Carvalho, F. D. R., & Watanabe, G. (2024). Os níveis de formulação: proposta de aulas complexificada sobre as emergências climáticas. *Interfaces da Educação*, *15*(43), 393–413. https://doi.org/10.61389/inter.v15i43.8906

Chu, S. L., Quek, F., Bhangaonkar, S., Ging, A. B., & Sridharamurthy, K. (2015). Making the Maker: A Means-to-an-Ends approach to nurturing the Maker mindset in elementary-aged children. *International Journal of Child-Computer Interaction*, *5*, 11-19. https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2015.08.002

Cohen, E. G., Lotan, R. A. (2017). *Planejando o Trabalho em Grupo: Estratégias para Salas de Aula Heterogêneas*. Penso Editora.

Cordova, T.; & Vargas, I. (2016). Educação Maker Sesi-SC: inspirações e concepção. 2016. https://fablearn.org/wpcontent/ uploads/2016/09/FLBrazil_2016_paper_108.pdf

Constantino, M. V. P., & da Silva, M. M. (2025). Práticas epistêmicas: implicações da teoria sociocultural à construção do conhecimento: Epistemic practices: implications of sociocultural theory for knowledge construction. *RCMOS-Revista Científica Multidisciplinar O Saber*, *1*(1).

Cueva, J. P. M., & Guaicha, D. J. M. (2025). El desarrollo de habilidades del Siglo XXI en la educación. *Revista Científica de Innovación Educativa y Sociedad Actual "ALCON"*, *5*(2), 300-312. https://doi.org/10.62305/alcon.v5i2.502

Custodio, S. V. F., & Rosa, T. de A. (2024). Educação STEAM: conceito, breve histórico, diretrizes e prática. Dialogia, *50*, Artigo e27419. https://doi.org/10.5585/50.2024.27419

D'Ambrósio, U. (2020). Sobre las propuestas curriculares STEM y STEAM y el Programa de Etnomatemática. *Revista Paradigma* (Edición Cuadragésimo Aniversario: 1980-2020), XLI, 151-167.

Dewey, J. (1979). *Democracia e Educação*. (Tradução de Godofredo Rangel e Anísio Teixeira. Estudo preliminar de Leonardo Van Acker). 4. Ed. Companhia Editora Nacional.

Del Moral Pérez, M. E., Neira Piñeiro, M. D., Castañeda Fernández, J., & López-Bouzas, N. (2023). Competencias docentes implicadas en el diseño de Entornos Literarios Inmersivos: conjugando proyectos STEAM y cultura Maker. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, 26(1)*. https://doi.org/10.5944/ried.26.1.33839

Dougherty, D. (2012). The Maker Movement. Innovations: Technology, Governance. Globalization, *7*(3), 11–14. https://doi.org/10.1162/INOV_a_00135

Dougherty, D. (2016). *Free to make: How the maker movement is changing our schools, our jobs, and our minds*. North Atlantic Books.

Douglass, H., & Verma, G. (2022). Examining STEM Teaching at the Intersection of Informal and Formal Spaces: Exploring Science Pre-service Elementary Teacher Preparation. *Journal of Science Teacher Education*, *33*(3), 247–261. https://doi.org/10.1080/1046560X.2021.1911456

Eriksson, E., Heath, C., Ljungstrand, P., & Parnes, P. (2018). Makerspace in school – Considerations from a large-scale national testbed. *International Journal of Child Computer Interaction*, *16*, 9-15. https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2017.10.001

Fadel, C., Biliak, M., & Trilling, B. (2016). *Educação em quatro dimensões: as competências que os estudantes precisam ter para atingir sucesso*. Trad. Lilian Bacich. Instituto Ayrton Sena. 161 p. ISBN 978-85-623228-37-4

Fernandes, L. M. da. (2023). *O Makerspace como ambiente pedagógico inovador no 1. º CEB* [Dissertação (Mestrado), Instituto Politecnico de Bragança].

Fernandes, L., & Meirinhos, M. (2024). *O Makerspace como Ambiente Pedagógico Inovador na Educação Básica*. Pimenta Cultural.

Freitas, L. C. de. (2018). *A reforma empresarial da educação: nova direita, velhas ideias*. Expressão Popular.

Gale, J. D., Cappelli, C., & Bryant, C. (2017). Program evaluation-STEAM trunks: Enhancing K-8 project-based learning through mobile makerspaces. *In: ASEE Annual Conference & Exposition*.

Godhe, A., Lilja, P., & Selwyn, N. (2019). Making sense of making: critical issues in the integration of maker education into schools. *Technology, Pedagogy and Education*, *28*, 317–328. https://doi.org/10.1080/1475939X.2019.1610040

Gondim, R., Pinto, A., Castro Filho, J., & Vasconcelos, F. (2022). A Cultura Maker como Estratégia de Ensino e Aprendizagem: uma Revisão Sistemática da Literatura. Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas, *23*(5), 840–847 https://doi.org/10.17921/2447-8733.2022v23n5p841-848.

Gonsales, P. (2018). Design thinking e a ritualização de boas práticas educativas. Instituto Educadigital.

Greca, I. M. (2018). La Enseñanza STEAM em la Educación primaria. In: *Proyectos STEAM para la Educación Primaria: fundamentos y aplicaciones prácticas* (p. 19-40). Dextra.

Greca, I. M., Ortiz-Revilla, J., & Arriassecq, I. (2021). Diseño y evaluación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje STEAM para Educación Primaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *18*(1), 1802. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1802

Greca, I. M., Ortiz-Revilla, J., Alonso, A., & Sanz de la Cal, E. (2023). La codocencia para la formación docente en educación integrada: una experiencia con STEAM y AICLE. *Ápice Revista de Educación Científica*, *7*(2), 95-109. https://doi.org/10.17979/arec.2023.7.2.9615

Gresnigt, R., Taconis, R., van Keulen, H., Gravemeijer, K., & Baartman, L. (2014). Promoting science and technology in primary education: a review of integrated curricula. *Studies in Science Education*, *50*(1), 47-84. https://doi.org/10.1080/03057267.2013.877694

Jones, W. M., Caratachea, M., Schad, M., & Cohen, J. D. (2021). Examining K–12 teacher learning in a makerspace through the activity–identity–community framework. *Journal of Research on Technology in Education, 53*(3), 317–332. https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1774824

Junior, J. C. G., Schmidt, F. L. A., De Paula, W. S., De Medeiros Costa, H. C., Seixas, R., De Souza, & T. L. V. (2024). O Papel da Educação STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática) no Desenvolvimento de Habilidades do Século XXI. *Revista Acadêmica Online*, *10*(49), Artigo e1379.

Laudan, L. (1977). *Progress and its problems: Towards a Theory of Scientific Growth*. University of California Press.

Laudan, L. (1984). *Science and values: The aims of science and their role in scientific debate*. University of California Press.

Laudan, L. (2011). *O progresso e seus problemas: rumo a uma teoria do crescimento científico*. Tradução de Roberto Leal Ferreira. Editora Unesp.

Lemos, S. D. V., & Valente, J. A. (2023). Estudo da cultura Maker na escola. *E-Curriculum*, *21,* Artigo e60975. https://doi.org/10.23925/1809-3876.2023v21e60975

Lorenzin, M. (2020). *Formação de professores: vencendo os desafios de implementação do STEAM*. In: *Bacich, L.; Holanda, L. (org.). STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na Educação Básica* (p. 189-212). Penso.

Lorenzin, M., Assumpção, C. M., Bizerra, A. (2018). Desenvolvimento do currículo STEAM no ensino médio: a formação de professores em movimento. *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem téorico-prática* (p. 199-219). Penso.

Love, T. S. (2022). Examining the influence that professional development has on educators' perceptions of integrated STEM safety in makerspaces. *Journal of Science Education Technology*, *31*, 289–302. https://doi.org/10.1007/s10956-022-09955-2

Lustosa, F. G., & Santos, J. A. S. (2014). Aproximações críticas ao corpus teórico de Philippe Perrenoud. *Revista Eletrônica Arma da Crítica*, *4*, 17-36.

Maia, D. L., De Carvalho, R. A., & Appelt, V. K. (2021). Abordagem STEAM na educação básica brasileira: uma revisão de literatura. *Revista Tecnologia e Sociedade*, *17*(49), 68-88. https://doi.org/10.3895/rts.v17n49.13536

Machado, A. A.; Zago, M. R. R. da S. Articulações entre práticas de educação ambiental, robótica e cultura Maker no contexto das aulas de laboratório de ciências. *Tecnologias, Sociedade e Conhecimento*, *7*(2), 143–168. https://doi.org/10.20396/tsc.v7i2.14869

Majdenbaum, R. (2024). *Avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem*. [Dissertação (Mestrado Profissional em Informática na Educação), Instituto Federal do Rio Grande do Sul Campus Porto Alegre].

Maingain, A., Dufour, B., & Gérard, F. (2008). *Abordagens didácticas da Interdisciplinaridade*. Instituto Piaget.

Marostica, L. (2023). *Cultura Maker, através das metodologias ativas e outros ambientes de aprendizagem para o compartilhamento de saberes na educação do século XXI*. [Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual Paulista].

Martin, L. (2015). The Promise of The Maker Movement for Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, *5*(1), 30-39.

Martinand, J. L. (1986). *Connaître et transformer la matière: des objectifs pour l'initiation aux sciences et techniques*. Peter Lang S.A.

Martinand, J. L. (1988). Cuestiones actuales de la didáctica de las ciencias físicas en Francia: observaciones comparativas. *Enseñanza de las Ciencias*, *6*(1), 47-53.

Martinez, S., & Stager, G. (2013). *Invent To Learn: Making, Tinkering, and Engineering in the Classroom*. *Constructionism*. Constructing Modern Knowledge Press.

Martínez-Martínez, V., & Greca, I. M. (2024). Integración de la perspectiva NoSTEM a través de la Ecología del Fuego: un enfoque interdisciplinario para la didáctica de las ciencias. *Revista de Enseñanza de la Física*, *36*, 247-255.

Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J., & Vílchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, *103*(4), 799-822.

Martins, C., & Giraffa, L. M. M. (2018). Gamificação, pensamento computacional e cultura maker: Potencialidades advindas de estratégias docentes alinhadas à cultura digital. *In*: *Congresso Ibero-Americano de Docência Universitária*. https://pucrs.br/acessolivre/anais/cidu/assets/edicoes/2018/arquivos/210

Mersand, S. (2020). The State of Makerspace Research: a Review of the Literature. *TechTrends*, *65*, 174–186. https://doi.org/10.1007/s11528-020-00566-5

Moran, J. (2018). *Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda*. In: Bacich, L.; Moran, J. (org.) *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática* (p. 1–25). Penso.

Moreira, M. A. (2022). Aprendizagem ativa com significado. *Revista Espaço Pedagógico*, *29*(2), 405–416. https://ojs.upf.br/index.php/rep/article/view/13887

Moseikina, M., Toktamysov, S., & Danshina, S. (2022). Modern Technologies and Gamification in Historical Education. *Simulation & Gaming, 53*(2), 135-156. https://doi.org/10.1177/10468781221075965

Mota, N. D. D. S. (2025). *A abordagem educacional Maker no contexto do ensino fundamental: contribuições da produção acadêmico científica*. [Dissertação (Mestrado em Educação), Universidade La Salle].

Moura, É. M. D. (2019). Formação docente e educação Maker: o desafio do desenvolvimento das competências [Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo].

Namukasa, I. K., Bertrand, M. G., Tangredi, D., Roy, J., Barek, H., Campigotto, R., & Aryee, K. L. (2023). Reimagining the Mathematics Curriculum Through a Cross-Curricular and Maker Education Lens. *International Journal of Teacher Education and Professional Development*, *6*(1), 1-22. https://doi.org/10.4018/IJTEPD.324166

Nélio, T. S., & Hardoim, E. L. (2023). SEI e STEAM: Nova proposta para ensino da dengue e seu vetor. *REAMEC: Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 11(1), e23059. https://doi.org/10.26571/reamec.v11i1.15436

NSF (2010). National Science Foundation. Preparing the next generation of STEM innovators: identifying and developing our nation's human capital. Washington: NSF.

NRC (2012). National Research Council. Education for life and work: Developing transferable knowledge and skills in the 21st century. Washington, DC: The National Academies Press. https://hewlett.org/wp-content/uploads/2016/08/Education_for_Life_and_Work.pdf

Oliveira, D. S., Taffner, M. B., Pereira, E. P., Marques, F. P., & Gomes, R. C. (2024). Cultura Maker na Educação: benefícios e desafios em iniciativas extracurriculares para escolas públicas. *Caderno Pedagógico*, *21*(10), Artigo e9615. https://doi.org/10.54033/cadpedv21n10-283

Ortiz-Revilla, J., Greca, I. M., & Adúriz-Bravo, A. (2018). *La Educación STEAM y el desarrollo competencial en la Educación Primaria*. In I. M. Greca y J. Á. Meneses Villagrá (Eds.), *Proyectos STEAM para la Educación Primaria. Fundamentos y aplicaciones prácticas* (pp. 41-54). Dextra.

Ortiz-Revilla, J. (2020). El desarrollo competencial en la Educación Primaria: efectos de una propuesta STEAM integrada [Tese (Doutorado), Universidade de Burgos].

Ortiz-Revilla, J., Adúriz-Bravo, A., Greca, I. M. (2020). A framework for epistemological discussion on integrated STEM education. *Science & Education*, *29*(4), 857-880. https://doi.org/10.1007/s11191-020-00131-9

Ortiz-Revilla, J., Sanz-Camarero, R., & Greca, I. M. (2021). Una mirada crítica a los modelos teóricos sobre educación STEAM integrada. *Revista Iberoamericana de Educación*, *87*(2), 13–33.

Ortiz-Revilla, J., Greca, I. M., & Arriassecq, I. (2022). A Theoretical Framework for Integrated STEM Education, *Science & Education*, *31*, 383–404. https://doi.org/10.1007/s11191-021-00242-x

Ortiz-Revilla, J., Ruiz-Martín, Á., & Greca, I. M. (2023). Conceptions and Attitudes of Pre-School and Primary School Teachers towards STEAM Education in Spain. *Education Sciences*, *13*(4), 377. https://doi.org/10.3390/educsci13040377

OCDE. (2019). Organização para a Cooperação E Desenvolvimento. Results from PISA 2018: country note –Brazil. OCDE, 2019. https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018_CN_BRA.pdf

Papert, S. (1980). Mindstorms: Children, Computers and Powerful Ideas. New York: Basic Books. Traduzido para o português em 1985, como Logo: Computadores e Educação. Editora Brasiliense.

Papert, S. (1991). *Situating constructionism*. In: Harel, Idit; Papert, Seymour (ed.). *Constructionism* (p. 1-11). Ablex.

Pereira, R. N., Freires, K. C. P., Silva, M. C. Da, Nunes, C. P., & Goularte, D. D. (2024). Transformações nas metodologias ativas na era digital: Analisando desafios, oportunidades e inovações no ensino e aprendizagem. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, *16*(10), Artigo e5732. https://doi.org/10.55905/cuadv16n10-009

Pereira, A.; Lima, R. (2017). *Makerspaces como Espaços de Aprendizado e Inovação: Uma Análise Bibliométrica*. In *Anais do XVII Congresso Nacional de Inovação e Desenvolvimento Tecnológico em Engenharia* (p. 1-8).

Perrenoud, P. (2000). *Dez novas competências para ensinar*. Artmed Editora.

Perrenoud, P., & Thurler, M. G. (2009). *As competências para ensinar no século XXI: a formação dos professores e o desafio da avaliação*. Artmed Editora.
Petrina, S. (2022). Status and Trends of STEM Education in Canada. Status and trends of STEM education in highly competitive countries: Country reports and international comparison, 1-43.
Pimenta, S. G., & Ghedin, E. (Orgs.). Professor reflexivo no Brasil: gênese e crítica de um conceito. 4. ed. Cortez.
Pugliese, G. O. (2020a). STEM education: um panorama e sua relação com a educação brasileira. *Currículo sem Fronteiras*, *20*(1), 209–232. https://doi.org/10.35786/1645- 1384.v20.n1.12
Pugliese, G. O. (2020b). Um panorama do STEAM education como tendência global. In: Bacich, L.; Holanda, L. (Orgs.). *STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na Educação Básica* (p. 13-28). Penso.
Razzouk, R., & Shute, V. (2012). What is design thinking and why is it important? *Review of Educational Research*, *82*(3), 330–348. https://doi.org/10.3102/0034654312457429
Roehrig, G. H., Dare, E. A., Ellis, J. A., & Ring-Whalen, E. (2021). Beyond the basics: a detailed conceptual framework of integrated STEM. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, *3*, 11. https://doi.org/10.1186/s43031-021-00041-y
Sánchez, E. (2019). La educación STEAM y la cultura Maker. *Padres y Maestros*, *379*, 45-51. https://doi.org/10.14422/pym.i379.y2019.008
Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEM mania. *Technology Teacher*, *68*(4), 20-26.
Sanz Camarero, R. (2023). Aportes para cambiar el papel de las artes en la educación integrada: análisis, reflexiones y propuestas didácticas.
Santo, N. R. D. M., & Vosgerau, D. S. A. R. (2025). *Percurso de adoção da inovação em ensino e aprendizagem por professores da educação superior a partir de currículos por competências*. Editora CRV.
Saviani, D. (2007). Trabalho e Educação: fundamentos ontológicos e históricos. *Revista Brasileira de Educação*, Campinas, *12*(32), 152-180.
Saviani, D. A (2021). *Pedagogia Histórico Crítica e a defesa da educação pública*. In: Hermida, J. F. A *Pedagogia histórico-critica e a defesa da educação pública* (p. 20-42). UFPB.
Silva, R. B. (2017). *Para além do movimento Maker: um contraste de diferentes tendências em espaços de construção digital na educação*. [Tese (Doutorado em Tecnologia e Sociedade), Universidade Tecnológica Federal do Paraná].
Silva, K. K. A., & Behar, P. A. (2020). *Digital Competences for Online Students*. In: Isaias, P., Sampson, D.G., Ifenthaler, D. (eds) *Online Teaching and Learning in Higher Education. Cognition and Exploratory Learning in the Digital Age*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-48190-2_1
Silva, J. J. G., de Oliveira, M. L., & Silva, W. (2024). Estratégias pedagógicas para o desenvolvimento do pensamento crítico e reflexivo em alunos. *RCMOS-Revista Científica Multidisciplinar O Saber*, *1*(1). https://doi.org/10.51473/rcmos.v1i1.2024.575
Shively, K., Hitchens, C., & Hitchens, N. (2020). Teaching severe weather: examining teacher candidates' early field experience in a makerspace environment. *Journal of Education*, *201*(3), 198-209. https://doi.org/10.1177/0022057420908061
Soares, W. D. S., Barbosa, M. L. D. O., & Silva, J. R. D. F. (2021). The use of artistic expressions in Cell Biology teaching: A proposal combining active methodologies and interdisciplinarity. *Research, Society and Development*, *10*(6), e26810615779. https://doi.org/10.33448/rsd-v10i6.15779
Soster, T. S., Almeida, F. J. D., & Silva, M. G. M. D. (2020). Educação Maker e compromisso ético na sociedade da cultura digital. *Revista e-Currículo*, *18*(2), 715-738.
Sousa, D. A., & Pilecki, T. (2013). *From STEM to STEAM: using brain-compatible strategies to integrate the arts*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
Tan, M. (2022). *Makerspaces, Innovation and Science Education: How, Why, and what For?*. Routledge.

Tardif, J. (2006). L'evaluation des compétences: documenter le parcours de développement. *Montreal: Chenelière Education*.
Terceño, E. M. G., & Greca, I. M. (2023). Diseño de un modelo teórico-metodológico para una educación inclusiva de la ciencia. Soñar grande es soñar juntas, 311p.
Toma, R. B., & García-Carmona, A. (2021). De STEM nos gusta todo menos STEM. Análisis crítico de una tendencia educativa de moda. *Enseñanza de las Ciencias*, *39*(1), 65-80. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3093
Toma, R. B., & Greca, I. M. (2018). The effect of integrative STEM instruction on elementary students' attitudes toward science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *14*(4), 1383–1395.
Vasquez, J. A. (2015). STEM - Beyond the Acronym. *Educational leadership*, *72*(4), 10-15.
Vasquez, J. A., Comer, M., & Villegas, J. (2017). *STEM Lesson Guideposts: Creating STEM Lessons for Your Curriculum*. Portsmouth: Heinemann. 144p.
Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didáctique des Mathématiques*, *10*(23), 133–170.
Vergnaud, G. (2017). *O que é aprender? O iceberg da conceitualização*. GEEMPA.
Vuorikari, R., Ferrari, A., & Punie, Y. (2019). *Makerspaces for Education and Training: Exploring future implications for Europe* (No. JRC117481). Joint Research Centre (Seville site).
Vygotsky, L. S. (1991). *A formação social da mente*. 7. ed. Martins Fontes.
Yakman, G. (2008). STEAM education: An overview of creating a model of integrative education [en línea].
Yamana, D. N. (2024). O movimento maker e o sentido de lugar no fazer: o alcance da rede pública Fab Lab Livre SP na cidade de São Paulo [Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo].
Wendell, K., Connolly, K., Wright, C., Jarvin, L., Barnett, M., Rogers, C., & Marulcu, I. (2010). Incorporating engineering design into elementary school science curricula. Association for Engineering Education-Engineering Library Division Papers, 15-958.
Woods, S., & Hsu, Y. C. (2020). Making Spaces for STEM in the School Library. *TechTrends*, *64*, 388–394. https://doi.org/10.1007/s11528-019-00460-9
Zabala, A., & Arnau, L. (2020). *Métodos para Ensinar Competências*. Penso.
Zhan, W., Hur, B., Wang, Y., Cui, S., & Yalvac, B. (2021). Creating maker culture in an engineering technology program. *International Journal of Engineering Education*, *37*, 712-720.
Zeidler, D. L. (2016). STEM education: a deficit framework for the twenty first century? A sociocultural socioscientific response. *Cultural Studies of Science Education*, *11*(1), 11–26. https://doi.org/10.1007/s11422-014-9578-z