

A INTEGRAÇÃO ENTRE A CULTURA MAKER E A EDUCAÇÃO STEAM NO ENSINO DE CIÊNCIAS: CONTRIBUIÇÕES PARA O PROCESSO DE APRENDIZAGEM DO CAMPO CONCEITUAL DE TERMODINÂMICA

Karol Nunes de Oliveira ¹

Lisiane Barcellos Calheiro ²

RESUMO

Este trabalho apresenta uma pesquisa empírica que tem por objetivo analisar como o modelo Maker-STEAM colaborativo pode contribuir para o possível domínio do campo conceitual da Termodinâmica, promovendo aos estudantes da educação básica uma aprendizagem com significado e estimulando o desenvolvimento do pensamento crítico, da habilidade de resolução de problemas e da experimentação prática. A integração entre a cultura Maker e a educação STEAM no ensino de ciências, especialmente no estudo de termodinâmica, se justifica frente à necessidade de proporcionar uma abordagem contemporânea e contextualizada para os estudantes, permitindo que eles desenvolvam habilidades científicas e práticas relevantes. A implementação da pesquisa teve como público estudantes do ensino médio da rede estadual de ensino de Campo Grande – MS. Adotamos como percurso metodológico o ensino de ciências por investigação (inquiry-based science education), essa abordagem incentiva os estudantes a elaborar perguntas, explorar soluções e construir saberes de forma ativa e relevante, fundamentando a aprendizagem em situações-problema que exigem a integração de diferentes áreas do conhecimento. Para coleta de dados, foram elaboradas atividades teóricas e práticas pautadas na criatividade, colaboração, sustentabilidade e na escalabilidade, ou seja, habilidade de formular soluções, a partir do contexto de ciências, tecnologias, engenharia, artes e matemática. Para a análise desses dados, utilizamos a Teoria dos Campos Conceituais em que observamos se os estudantes apresentaram diferentes operações de pensamento e perceberam as estruturas conceituais relacionadas ao objeto de estudo estabelecido. Identificamos que essa pesquisa contribui para a construção do conhecimento, promovendo aos estudantes o desenvolvimento do pensamento crítico e a habilidade de resolução de situações-problema, bem como o possível domínio do campo conceitual de termodinâmica.

¹ Doutoranda do Curso de Pós-graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, karol.oliveira00@gmail.com;

² Doutora e professora do Curso de Pós-graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, barcellos.calheiro@ufms.br;



INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o ensino de Ciências tem buscado novas formas de tornar o processo de aprendizagem com mais significado para os estudantes. De acordo com Bertrand e Namukasa (2022), o desenvolvimento de propostas didáticas inovadoras tem se mostrado relevante para o processo de aprendizagem concernente a promoção de competências como a capacidade de resolver problemas, o pensamento crítico e a criatividade. Nesse cenário, as abordagens Maker e STEAM vêm ganhando destaque por aproximarem os conteúdos teóricos das práticas experimentais, tornando o processo de aprender mais dinâmico e conectado com o cotidiano (Bertrand e Namukasa, 2022; Leonard et al., 2022).

A Cultura Maker de acordo com Domínguez-González et al. (2021), surgiu com o objetivo de democratizar o acesso à tecnologia e incentivar as pessoas a criarem, consertarem e construïrem seus próprios objetos e soluções frente a situações reais. Essa filosofia, conhecida como “Faça Você Mesmo” (Do It Yourself – DIY), valoriza a aprendizagem pela prática, pelo uso de diferentes materiais e pela experimentação (Bandoni, 2016; Domínguez-González et al., 2021; Barros et al., 2023). Quando inserida na educação, a Cultura Maker possibilita que o ambiente escolar abranja um espaço de criação e colaboração, estimulando os estudantes a participarem ativamente da construção do próprio conhecimento (Moral Pérez et al., 2023).

De forma complementar, a abordagem STEAM de acordo com Figueiroa (2018), integra as áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática, propondo uma aprendizagem baseada em projetos, investigação e resolução de problemas. Essa abordagem valoriza a conexão entre diferentes áreas do conhecimento e estimula o raciocínio crítico, a curiosidade e a inovação (Maia e De Carvalho, 2021; Figueiroa, 2018). Como apontam Herro et al. (2016), a abordagem STEAM favorece o desenvolvimento de competências importantes para os desafios da sociedade atual, como a colaboração, a comunicação e a criatividade.

A integração da cultura Maker com a abordagem STEAM, segundo Lieban (2023), amplia as possibilidades de ensino, pois une a investigação científica com a prática criativa. Essa integração permite que os estudantes aprendam de forma ativa, projetando, construindo e testando soluções para problemas reais, o que possibilita relacionar a teoria à prática e desenvolver uma compreensão mais profunda e contextualizada dos fenômenos estudados (Raabe e Gomes, 2018).



Os conceitos de termodinâmica, alinhados à abordagem Maker-STEAM, apresentam grande potencial para o ensino de ciências. De acordo com Ferreira et al. (2023), esse campo de estudo fundamenta teoricamente fenômenos naturais, como a transformação e a conservação de energia em sistemas físicos e biológicos. A partir desse objeto de estudo, podem ser explorados diversos conceitos como conservação de energia, entropia, condução, convecção, radiação, fluxo de calor, energia cinética e potencial, energia elétrica e reações de combustão, entre outros (Ferreira et al. 2023).

Com base nessas ideias, o presente trabalho teve como objetivo analisar de que forma o modelo Maker-STEAM colaborativo pode contribuir para o possível domínio do campo conceitual da Termodinâmica, promovendo aos estudantes da educação básica uma aprendizagem com significado e estimulando o desenvolvimento do pensamento crítico, da habilidade de resolução de problemas e da experimentação prática.

A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS

A Teoria dos Campos Conceituais (TCC), proposta por Gérard Vergnaud, busca compreender como o conhecimento é construído e mobilizado pelos estudantes em diferentes situações de aprendizagem. De acordo com Vergnaud (1990), o desenvolvimento cognitivo ocorre a partir das experiências que o indivíduo vivencia, tanto no ambiente escolar quanto nas interações sociais. O conhecimento, portanto, é construído e reorganizado continuamente conforme o sujeito amadurece e amplia suas experiências (Vergnaud, 1990).

Para o autor, um campo conceitual é formado por um conjunto de situações, conceitos, representações e operações de pensamento que se relacionam entre si. Isso significa que o aprendizado de um conceito não acontece de forma isolada, mas em conexão com outros conhecimentos e contextos, assim, compreender um fenômeno exige a articulação de diferentes propriedades e experiências que o estudante vivencia em situações variadas (Vergnaud, 1990).

Nessa perspectiva, as situações de aprendizagem propostas em sala de aula devem favorecer a mobilização de diferentes saberes, permitindo que os estudantes expressem seus invariantes operatórios, que são os elementos centrais da teoria. Esses invariantes representam o modo como o estudante pensa e age diante de uma situação, sendo formados por conceitos-em-ação e teoremas-em-ação (Vergnaud, 1996).

Os conceitos-em-ação referem-se às ideias implícitas que os estudantes utilizam para explicar ou resolver um problema. Já os teoremas-em-ação são as proposições que



orientam suas decisões e justificam as ações realizadas, essas construções demonstram como o pensamento conceitual vai sendo formado ao longo do processo de aprendizagem (Vergnaud, 1996).

METODOLOGIA

Nesta investigação, optamos por uma abordagem de natureza essencialmente qualitativa. De acordo com Creswell (2010), esse tipo de pesquisa volta-se para a análise de contextos reais que não podem ser reduzidos a números, buscando compreender e interpretar as complexas interações presentes nas relações sociais. Trata-se de um processo investigativo de caráter interpretativo, no qual o pesquisador participa de forma ativa e imersiva junto aos sujeitos da pesquisa (Creswell, 2010).

A implementação da proposta didática baseou-se na metodologia Inquiry-Based Science Education (IBSE), ou Ensino de Ciências Baseado em Investigação, que de acordo com Rocard et al. (2007), tem por princípios o questionamento e a investigação, permitindo que o estudante relacione teoria e prática a partir de situações reais. Esse percurso metodológico foi realizado com 15 estudantes de uma turma do terceiro ano do ensino médio da rede estadual de ensino de Campo Grande - MS, e possuíam faixa etária entre 16 e 18 anos.

Segundo Scheid e Siqueira (2016) e Beuren (2016), a metodologia IBSE é organizada em sete etapas principais sendo elas desenvolvidas para essa atividade conforme quadro 1.

Quadro 1. Etapas da metodologia IBSE aplicadas à atividade prática de transformação de energia térmica em mecânica

Etapa	Descrição da aplicação na atividade
1. Envolvimento	A aula iniciou com uma discussão sobre o uso da energia térmica no cotidiano, relacionando exemplos como panelas de pressão, motores e usinas. Essa conversa despertou o interesse dos estudantes e ativou seus conhecimentos prévios sobre calor e movimento.
2. Exploração	Os estudantes montaram o sistema experimental utilizando uma lata de alumínio com água e um catavento, observaram o aquecimento da água, a formação do vapor e o movimento das hélices, registrando suas percepções sobre o fenômeno.
3. Explicação	Após o experimento, os alunos responderam às questões investigativas sobre o que acontece com a água ao ser aquecida e qual transformação de energia ocorre durante o movimento do catavento. As respostas foram discutidas coletivamente.
4. Partilha	Os grupos apresentaram suas conclusões, comparando interpretações e explicações. Esse diálogo entre os estudantes possibilitou a troca de ideias e a socialização das descobertas.



Etapa	Descrição da aplicação na atividade
5. Extensão	A situação-problema proposta estimulou os estudantes a pensar em formas sustentáveis de transformar energia térmica em elétrica, como o uso de painéis solares nas escolas.
6. Empoderamento	A partir das discussões, os estudantes refletiram sobre o uso consciente da energia e a importância das fontes renováveis para a sustentabilidade.
7. Avaliação	A avaliação ocorreu de forma contínua por meio da observação das respostas às questões investigativas, dos registros durante a prática e das discussões coletivas.

Fonte: Autoras, 2025.

De modo geral, a metodologia IBSE constitui uma alternativa metodológica que valoriza o processo investigativo, a aprendizagem ativa e o pensamento crítico, permitindo que o aluno compreenda a ciência como parte do cotidiano e como instrumento de transformação social (Tavares e Almeida, 2015).

A atividade prática foi realizada com o objetivo de demonstrar a conversão de energia térmica em energia mecânica, promovendo a compreensão de princípios termodinâmicos, como transferência de energia na forma de calor, expansão de gases e conservação de energia. Para isso, utilizamos uma lata de alumínio contendo água, que serviu como sistema experimental. Inicialmente, os estudantes construíram o sistema conforme ilustrado na Figura 1, seguindo as instruções de montagem e segurança.

Figura 1. Sistema para transformação de energia térmica em mecânica.



Fonte: Autoras, 2025.

Durante o experimento, a água foi aquecida com velas até atingir o ponto de ebulição, gerando vapor que escapava por um pequeno orifício. A pressão do vapor direcionada ao catavento provocou o movimento das hélices, evidenciando a conversão da energia térmica (fornecida pela chama da vela) em energia mecânica (movimento do catavento).

Posteriormente à atividade prática trabalhamos com os estudantes a seguinte situação-problema: “No nosso dia a dia, utilizamos diversos aparelhos que transformam



energia térmica em movimento, como a válvula da panela de pressão ou as turbinas das usinas que geram eletricidade. Agora imagine que sua escola ou comunidade precise encontrar soluções simples e sustentáveis para utilizar energia térmica e transformá-la em outras formas de energia, seja ela mecânica ou elétrica, assim, seu grupo deve apresentar uma solução para que a energia térmica seja transformada e aproveitada no cotidiano.”

Essa situação-problema foi desenvolvida de forma a contribuir no processo de aprendizagem dos participantes da ação e propor a relação entre os conceitos científicos que envolvem o objeto de estudo estabelecido na proposta. E por fim, foram elaboradas duas questões investigativas para dar sequência ao levantamento de invariantes operatórios emergidos pelos estudantes, sendo elas: *“O que acontece com a água dentro da latinha quando é aquecida e como esse processo é responsável por movimentar o catavento?”* e *“Qual transformação de energia ocorre durante o movimento do catavento? Com suas palavras explique de que maneira ocorre essa transformação.”*

Os resultados obtidos com a atividade prática e teórica permitiram observar a aplicação dos conceitos teóricos de termodinâmica em um contexto experimental, evidenciando a mobilização dos invariantes operatórios pelos estudantes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisados os invariantes operatórios que surgiram nas representações dos estudantes durante a atividade prática de caráter investigativo. A análise das transcrições buscou identificar os invariantes operatórios e compreender como foram expressos. Alguns estudantes conseguiram demonstrar de forma clara os conceitos científicos relacionados aos conteúdos disciplinares das atividades, enquanto outros apresentaram aproximações parciais. Nos casos em que os invariantes se afastaram dos conhecimentos científicos, é possível planejar novas intervenções para esclarecer dúvidas e superar dificuldades de aprendizagem.

Os invariantes identificados durante o desenvolvimento das questões investigativas, foram agrupados em três categorias: adequados, relevantes e inadequados. Essa classificação foi feita conforme a correspondência com os conceitos científicos de referência. Os conceitos abarcados durante a atividade foram, energia térmica e transferência de calor, mudança de estado físico da água, pressão do vapor, transformação de energia térmica em energia mecânica, bem como, princípios básicos da termodinâmica. O quadro 2. apresenta especificamente os invariantes analisados nas



respostas dos estudantes para as questões investigativas “O que acontece com a água dentro da latinha quando é aquecida e como esse processo é responsável por movimentar o catavento?” e “Qual transformação de energia ocorre durante o movimento do catavento? Com suas palavras explique de que maneira ocorre essa transformação.”, para preservar a confidencialidade dos dados, os estudantes foram identificados por meio do símbolo “E” seguido de um número sequencial, de modo que “E1” corresponde ao primeiro participante.

Quadro 2. Invariantes operatórios identificados nas respostas dos estudantes concernentes as questões investigativas da atividade de transformação de energia térmica em mecânica.

Categorias	Conceitos-em-ação	Teoremas-em-ação
Invariantes adequados	Ebulição	“A água esquentando até atingir o ponto de ebulição.” E1, E2, E3, E5, E8, E9, E10, E11, E12, E13, E15, E16.
	Pressão	“O vapor sai pelo furo na latinha e movimentando o catavento.” E2, E3, E5, E8, E9, E10, E12, E13, E15.
	Energia térmica Transformação de energia	“A energia térmica se transforma em energia mecânica.” E5, E8, E9, E10, E13, E15, E16.
Invariantes relevantes	Agitação molecular Ebulição	“As moléculas se agitam quando a água entra em ebulição”. E11 e E12
	Transformação de energia	O calor transforma a água líquida em gasosa que movimentando o catavento”. E7
Invariantes inadequados	Energia elétrica	“A energia elétrica feita pelo fogo passa pela água”. E6.
	Energia térmica Energia mecânica	“A energia térmica mecânica ocorre de maneira que a temperatura aumenta”. E4

Fonte: Autoras, 2025.

Com relação aos invariantes adequados, observamos que os estudantes (E1, E2, E3, E5, E8, E9, E10, E11, E12, E13, E15, E16) conseguiram explicitar teoremas e conceitos-em-ação próximos aos conhecimentos científicos sobre mudança de estado físico, transformação de energia, pressão e energia térmica, demonstrando por exemplo, compreender que o calor fornecido pela vela aquece a água, gerando vapor, cuja pressão provoca movimento no catavento. Apesar de a explicação ser simplificada, ela reflete indícios de compreensão de conceitos termodinâmicos.

Os estudantes (E1, E2, E3, E5, E8, E9, E10, E11, E12, E13, E15, E16) destacaram a necessidade de aquecimento da água para que ocorra o processo de ebulição, e também,



demonstraram compreender que houve transformação de energia durante a observação da atividade prática, contribuindo para que eles compreendessem o processo de transformação da energia térmica em energia mecânica e identificassem a sequência de fenômenos como resultado direto da transferência e conversão de energia. Essa compreensão indica a articulação entre conceitos-em-ação e teoremas-em-ação coerentes com os princípios científicos de conservação da energia e mudança de estado físico.

Quanto aos invariantes considerados relevantes, os estudantes (E7, E11 e E12) mostraram entendimento parcial das relações entre os conceitos, mas de forma ainda superficial. Por exemplo, estudante (E7) mobiliza conceitos importantes da termodinâmica, como a mudança de estado físico da água e a ação do vapor sobre o catavento, ainda que de forma simplificada. Essa resposta demonstra que o estudante consegue relacionar uma observação experimental a princípios teóricos, configurando um invariante operatório em construção, que pode ser aprofundado com mediação pedagógica para consolidar o entendimento da conversão de energia térmica em energia mecânica.

Esses invariantes, embora incompletos, podem servir de base para novas intervenções pedagógicas. O professor pode propor novas situações de aprendizagem que favoreçam o amadurecimento conceitual, conforme Vergnaud (1990), que sugeri o desenvolvimento de novos conjuntos de atividades para auxiliar na reestruturação dos esquemas de pensamento.

Esse processo está alinhado à metodologia IBSE, que permite retomar e ampliar as investigações por meio de novas atividades para aprofundar os conceitos e resolver eventuais dúvidas. Por fim, as representações classificadas como invariantes inadequados, como as dos estudantes (E6 e E4), revelaram proposições incompatíveis com o conhecimento científico. Assim, esses teoremas-em-ação não contribuem para o avanço da compreensão do problema investigado, pois se distanciam dos fundamentos teóricos que sustentam a abordagem interdisciplinar.

Com relação as respostas a situação-problema proposta: *“No nosso dia a dia, utilizamos diversos aparelhos que transformam energia térmica em movimento, como a válvula da panela de pressão ou as turbinas das usinas que geram eletricidade. Agora imagine que sua escola ou comunidade precise encontrar soluções simples e sustentáveis para utilizar energia térmica e transformá-la em outras formas de energia, seja ela mecânica ou elétrica, assim, seu grupo deve apresentar uma solução para que a energia térmica seja transformada e aproveitada no cotidiano.”*



Por meio das respostas, identificamos que uma parcela considerável dos estudantes compreendeu a relação entre a transformação da energia térmica em outros tipos de energia, como mecânica e elétrica, conforme evidenciado pelos conceitos e teoremas-em-ação emergidos no Quadro 3.

Quadro 3. Teoremas – em – ação emergidos com base na situação-problema.

Estudante	Conceitos – em – ação	Teoremas – em – ação
E2	Energia elétrica	“As placas solares podem ser utilizadas na geração de energia elétrica”.
E5	Energia térmica Energia elétrica	“Uma solução seria a instalação de painéis solares para transformar a energia térmica do sol em energia elétrica sustentável, sem a combustão”.
E6	Energia térmica Energia mecânica	“Utilização de painéis solares nas escolas, transformando a energia térmica do sol em energia mecânica e elétrica”.
E7	Energia Solar	“Energia solar, pois é sustentável”.
E8	Energia térmica Energia elétrica	“Poderíamos usar energia térmica a partir do sol para gerarmos energia elétrica, com placas solares, sendo sustentável e menos prejudicial para o mundo”.
E9	Ebulição Pressão de Vapor	“Água entra em ebulição e o vapor dela busca um ponto para sair da latinha, esse ponto é o furo e por esse pequeno vapor é liberado com pressão suficiente para mover as hélices”.
E11	Energia solar Energia elétrica	“Energia solar pega o calor do sol, que é absorvido pelas placas solares, gerando energia elétrica”.
E13	Energia solar	“Colocaria placa solar na escola, para gerar energia que ela precisa, assim diminuindo o custo de energia”.
E14	Energia solar	“A comunidade poderia solucionar o problema utilizando energia solar, assim ajudando mais o ambiente”.
E15	Energia limpa	“Podemos utilizar as placas solares em todas as redes públicas de ensino para aproveitarmos da energia limpa, mesmo estando em comunidade periférica”.

Fonte: Autoras, 2025.

Os teoremas-em-ação descritos evidenciam que os estudantes reconhecem a transformação de que ocorreu durante a atividade experimental e explicitaram de forma correta que a energia térmica pode ser convertida em energia elétrica, associando ainda a possível contribuição desse fenômeno para a redução de impactos ambientais. Assim identificamos teoremas-em-ação adequados como dos estudantes (E5, E6, E7, E13 e E15) que expressam a ideia de que a utilização de painéis solares constitui uma solução prática e sustentável para o aproveitamento da energia térmica no cotidiano, incluindo o espaço escolar.

As respostas elaboradas pelos estudantes à situação-problema demonstraram aproximações significativas com conceitos referentes ao campo conceitual da Termodinâmica, principalmente com relação à transformação e conservação da energia.



Os estudantes (E2, E5, E6, E8 e E11) ao proporem o uso de placas solares como solução para converter energia térmica em elétrica demonstram compreender conceitos sobre a transferência de calor e a conversão de energia entre diferentes sistemas.

As proposições referentes a energia solar, ebulição da água e pressão do vapor conforme evidenciam os estudantes (E6, E9 e E14) indicam a mobilização de conceitos termodinâmicos como calor, temperatura, trabalho, pois refletem a compreensão de que o calor é uma forma de energia capaz de ser transformada em outras, como a elétrica ou mecânica, indicando a assimilação do princípio de conversão da energia. Já a ebulição da água demonstra que os estudantes perceberam a relação entre o fornecimento de energia térmica e a transição de estado físico. Por sua vez, a pressão do vapor apresenta indícios de compreensão do conceito de trabalho, visto que a expansão do vapor é capaz de exercer força e provocar movimento, como observado no catavento.

Dessa forma, mesmo com linguagem cotidiana, os estudantes demonstram entendimento dos processos de transformação energética, vinculando de forma favorável à proposta didática apresentada nesse trabalho ao campo conceitual da Termodinâmica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As representações emergidas pelos estudantes e classificadas como invariantes adequados indicam que os estudantes conseguiram relacionar os fenômenos observados durante a atividade prática com os conceitos científicos correspondentes, demonstrando coerência entre o pensamento empírico e o teórico. Já os invariantes relevantes, ainda que apresentem certa imprecisão conceitual, possibilitam ao professor orientar novas ações didáticas para reestruturar esses teorema-em-ação emergidos pelos estudantes, reforçando o papel do professor na reestruturação dos saberes.

Além do possível domínio conceitual, entendemos que a proposta Maker-STEAM aliada a metodologia Inquiry-Based Science Education (IBSE) contribuí para o desenvolvimento de competências como a colaboração, o pensamento crítico, a criatividade e a autonomia. As atividades práticas e a construção de soluções frente a situações do cotidiano auxiliam os estudantes a compreenderem os conceitos científicos como uma ferramenta potencializadora do processo de ensino e aprendizagem.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPGECI)



da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), campus de Campo Grande/MS que apoiaram a realização da pesquisa que deu origem a este trabalho.

REFERÊNCIAS

BARROS, Bárbara Chrystina et al. CULTURA STEAM4GIRLS: TRAJETÓRIA DAS JOVENS MULHERES NO ENSINO FUNDAMENTAL II. **Revista Foco (Interdisciplinary Studies Journal)**, v. 16, n. 4, 2023. DOI: 10.54751/revistafoco.v16n4-080. Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/1704>. Acesso em: 26 ago. 2025.

BERTRAND, Marja G.; NAMUKASA, Immaculate K. A pedagogical model for STEAM education. **Journal of Research in Innovative Teaching & Learning**, v. 16, n. 2, p. 169–191, 2023. DOI: 10.1108/JRIT-12-2021-0081. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/jrit-12-2021-0081/full/html>. Acesso em 10 jun. 2025.

BEUREN, E. C. Aprendizagem em ciências e formação cidadã por meio da alfabetização científica. Frederico Westphalen: URI, 2016. Dissertação (Mestrado em Educação), Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Campus de Frederico Westphalen, 2016. 100 f. Disponível em: <http://www.fw.uri.br/NewArquivos/pos/dissertacao/dis-118.pdf>. Acesso em: 15 maio 2025.

CRESWELL, JOHN W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**; tradução magda lopes. – 3 ed. – Porto Alegre: artmed, 296 páginas, 2010.

DOMÍNGUEZ-GONZÁLEZ, Martín-Santiago; MOCENCAHUA-MORA, Daniel; GONZÁLEZ-CALLEROS, Juan-Manuel. Mediación tecnológica apoyada en la cultura Maker en educación secundaria. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 29, p. 775-797, 2021. DOI: 10.5753/rbie.2021.29.0.775. Disponível em: <http://milanesa.ime.usp.br/rbie/index.php/rbie/article/view/v29p775>. Acesso em: 5 jan. 2025.

FERREIRA, Marcello et al. Ficção científica na transposição didática do conceito de Entropia: a última pergunta de Isaac Asimov. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 45, p. e20230254, 2023. DOI: 10.1590/1806-9126-RBEF-2023-0254 Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/xsFdqQ5zrWBQVKDhLGGSP6h/?lang=pt>. Acesso em: 9 ago. 2025.

FIGUEIROA, A.; MONTEIRO, A., SILVA, A. MONTEIRO, A. Ambientes educativos inovadores e competências dos estudantes para o século XXI. *Research in Education and Community Intervention (RECI-IP)*, 2018.

LEONARD, Simon N. et al. Designing Maker initiatives for educational inclusion. **International Journal of Technology and Design Education**, v. 33, n. 3, p. 883-899, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10798-022-09754-1>. Acesso em 20 mai. 2025.



LIEBAN, Diego; BUENO, Rafael W.; LAVICZA, Zsolt. Math, modelling and art: One step to STEAM through physical and digital resources combined in a maker culture approach. In: **Thirteenth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME13)**. Alfréd Rényi Institute of Mathematics; ERME, 2023. Disponível em: <https://hal.science/hal-04415874/>. Acesso em 14 jul. 2025.

MAIA, Dennys Leite; DE CARVALHO, Rodolfo Araújo; APPELT, Veridiana Kelin. Abordagem STEAM na educação básica brasileira: uma revisão de literatura. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 17, n. 49, p. 68-88, 2021. DOI: 10.3895/rts.v17n49.13536. Disponível em: <https://revistas.utfpr.edu.br/rts/article/view/13536>. Acesso em: 16 abril. 2025.

MORAL PÉREZ, María Esther del et al. Competências docentes envolvidas no design de ambientes literários imersivos: combinando projetos steam e cultura maker. **Revista Ried-Ibero-Americana de Educação a Distância**, 2023. DOI: 10.5944/ried.26.1.33839. Disponível em: <https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/68272/33839>
 Texto%20del%20art%C3%ADculo-95780-5-10-20221215.pdf?sequence=1. Acesso em 14 abril. 2025.

RAABE, André; GOMES, Eduardo Borges. Maker: uma nova abordagem para tecnologia na educação. **Revista Tecnologias na Educação**, v. 26, n. 26, p. 6-20, 2018. Disponível em: <http://tecedu.pro.br/wp-content/uploads/2018/09/Art1-vol.26-EdicaoTematicaVIII-Setembro2018.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2025.

ROCARD, Michael et al. Science education now: a renewed pedagogy for the future of Europe. Brussels: **Directorate General for Research, Science, Economy and Society**, 2007. Disponível em: https://webstorage.cienciaviva.pt/public/pt.cienciaviva.io/wwwcentros/2730_93d3bfaad6ac01f4fa28a6725fc6a5f7.pdf. Acesso em: 8 mar. 2025.

SIQUEIRA, A. C. de; SCHEID, N. M. J. Contribuição do Método IBSE (Inquiry Based Science Education) Para a Promoção da Cidadania. **III Congresso Internacional de Educação Científica e Tecnológica**. Santo Ângelo: URI, 2015. Disponível em: <https://goo.gl/E5cDb3>. Acesso em: 04 abr. 2025.

TAVARES, Rita; ALMEIDA, Pedro. Metodologia Inquiry Based Science Education no 1.º e 2.º CEB com recurso a dispositivos móveis—uma revisão crítica de casos práticos. **Educação, Formação & Tecnologias**, v. 8, n. 1, p. 28-41, 2015. Disponível em: <https://eft.educom.pt/index.php/eft/article/view/179>. Acesso em: 16 mar. 2025.

VERGNAUD, Gérard. La théorie des champs conceptuels. **Publications de l'institut de recherche mathématiques de Rennes**, n. S6, p. 47-50, 1989. Disponível em: https://www.numdam.org/item/PSMIR_1989__S6_47_0.pdf. Acesso em: 7 mai. 2025.
 VERGNAUD, Gérard. Education: the best part of Piaget's heritage. **Swiss Journal of Psychology**, v. 55, n.2. p.155-191, 1996.

