

A EDUCAÇÃO STEAM SOB O OLHAR DA TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS EM UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE QUÍMICA

Pedro Mendes dos Santos ¹
 Lisiâne Barcellos Calheiro ²

RESUMO

Este artigo investiga a intersecção entre a Educação STEAM e a Teoria dos Campos Conceituais (TCC) de Gérard Vergnaud, analisando como essa integração pode contribuir para o processo de ensino-aprendizagem. A Educação STEAM propõe uma abordagem transdisciplinar que conecta Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática, incentivando os estudantes a resolverem problemas reais de forma criativa e contextualizada. Já a Teoria dos Campos Conceituais fornece uma estrutura para compreender como os conceitos são adquiridos e mobilizados em diferentes situações, destacando a importância dos esquemas cognitivos na aprendizagem. O estudo exemplifica essa relação ao explorar a construção do campo conceitual dos carboidratos, utilizando a metodologia do ensino de ciências por investigação. Esse modelo metodológico permite que os estudantes desenvolvam hipóteses, analisem evidências e construam conhecimento de maneira ativa. A pesquisa adota a Análise de Conteúdo de Bardin para examinar os invariantes operatórios mobilizados pelos estudantes, utilizados na resolução das situações-problema. Os resultados indicam que a integração entre STEAM e TCC favorecem o processo de ensino-aprendizagem, estimulando a aplicação prática dos conceitos e promovendo o desenvolvimento do pensamento crítico, da criatividade e da resolução de problemas. Apesar dos benefícios identificados, a implementação dessa abordagem exige planejamento pedagógico estruturado, formação docente adequada e um ambiente educacional que favoreça práticas investigativas. Além disso, a necessidade de adaptar o currículo tradicional para incluir metodologias ativas representa um desafio para a adoção dessa proposta em diferentes contextos escolares. Conclui-se que a interligação entre a Educação STEAM e a Teoria dos Campos Conceituais potencializa a compreensão interdisciplinar.

Palavras-chave: Educação STEAM, Teoria dos Campos Conceituais, aprendizagem integrada, ensino de química.

INTRODUÇÃO

O ensino de Ciências desempenha um papel fundamental na formação de cidadãos críticos, criativos e capazes de compreender o mundo natural de maneira reflexiva. No entanto, as práticas pedagógicas ainda são marcadas, em muitos contextos, por modelos tradicionais de ensino, centrados na memorização e na transmissão de conteúdos fragmentados (Dos Passos, et al. 2024). Esse panorama tem contribuído para o distanciamento entre o conhecimento científico e a realidade dos estudantes, dificultando a aprendizagem significativa e a construção de sentido. Fernandes de Oliveira e Bizerra (2022) apontam que a descontextualização dos

¹ Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências da Natureza da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - MS, pdromnds@gmail.com;

² Professora orientadora: Doutora do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências da Natureza da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - MS, barcellos.calheiro@ufms.br.

conteúdos de Química constitui um dos principais entraves na aprendizagem, uma vez que o estudante não percebe sua aplicabilidade cotidiana. Castro, Paiva e Silva (2019) complementam afirmando que o distanciamento entre teoria e prática reforça a dificuldade de integração entre as disciplinas das Ciências da Natureza.

Diante desse cenário, torna-se necessário adotar metodologias que superem o ensino compartmentalizado e promovam a interdisciplinaridade, a investigação e o protagonismo discente. A abordagem STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics – Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática) e o Ensino de Ciências por Investigação (ENCI) emergem como alternativas pedagógicas para integrar o fazer científico, o raciocínio lógico e a criatividade. A primeira destaca-se por reunir diferentes áreas do conhecimento em torno da resolução de problemas reais, favorecendo a aprendizagem por meio da experimentação e da criação (Yakman, 2008; Bacich; Holanda, 2020). Já o ENCI centra-se na formulação de questões, levantamento de hipóteses e análise crítica de dados, estimulando o desenvolvimento de competências investigativas e argumentativas (Dewey, 2010; Carvalho, 2013).

Complementarmente, a Teoria dos Campos Conceituais (TCC), de Gérard Vergnaud oferece um aporte teórico que permite compreender como os estudantes constroem e mobilizam conceitos científicos em diferentes situações-problema. Segundo essa teoria, aprender um conceito implica desenvolver esquemas de ação que possibilitem aplicá-lo de modo funcional, promovendo uma aprendizagem significativa e transferível. Assim, a articulação entre STEAM, ENCI e TCC permite não apenas criar ambientes de aprendizagem inovadores, mas também compreender como o conhecimento é efetivamente construído pelos sujeitos.

O objetivo deste artigo é analisar como a abordagem STEAM pode favorecer a aprendizagem do campo conceitual dos carboidratos por meio de uma atividade que compõe uma sequência didática estruturada, segundo os princípios do Ensino de Ciências por Investigação aplicada aos graduandos do curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) e como são os indícios de domínio deste campo. A escolha do campo conceitual dos carboidratos se justifica pela relevância cotidiana e interdisciplinar do tema, que envolve conceitos químicos, físicos e biológicos, permitindo ao estudante estabelecer conexões entre as áreas e compreender fenômenos relacionados à alimentação e à energia.

Metodologicamente, a pesquisa foi conduzida em duas etapas complementares. A primeira consistiu em uma revisão sistemática da literatura baseada no protocolo PRISMA (Page et al., 2021), que abrangeu publicações nacionais entre 2019 e 2024 sobre o uso da

abordagem STEAM no ensino de Ciências. Essa etapa permitiu mapear tendências, identificar lacunas e compreender o estado atual das investigações na área. A segunda etapa envolveu a elaboração de uma sequência didática, articulando STEAM e ENCI no estudo dos carboidratos.

2. REFERENCIAL TEORICO

2.1 A abordagem STEAM

A abordagem STEAM tem origem na reformulação da sigla STEM, criada nos Estados Unidos pela *National Science Foundation* para integrar Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática (Bybee, 2014). A inclusão das Artes foi proposta por Yakman (2008), ao reconhecer o papel da criatividade e da expressão estética na resolução de problemas científicos. A autora defende que o STEAM amplia a visão reducionista do STEM ao incorporar dimensões humanísticas, culturais e sensíveis da aprendizagem.

No campo educacional, a abordagem STEAM propõe práticas integradas e interdisciplinares que envolvem o estudante na construção de soluções criativas para desafios reais. Segundo Bacich e Holanda (2020), trata-se de uma abordagem que articula o conhecimento científico e tecnológico à experimentação e à estética, aproximando a escola das práticas contemporâneas de inovação. Além disso, Campos et al. (2022) apontam que o STEAM contribui para o desenvolvimento de habilidades cognitivas superiores, como pensamento crítico, resolução de problemas e colaboração, fundamentais para a cidadania científica.

No contexto brasileiro, pesquisas recentes (Vasconcelos, 2023; Soares, 2023; Costa, 2024) evidenciam o avanço da implementação da abordagem STEAM, especialmente em práticas baseadas em projetos, prototipagem e cultura *maker*. Apesar dos avanços, ainda há desafios relacionados à falta de instrumentos avaliativos padronizados e à curta duração das intervenções, o que limita a consolidação de resultados duradouros.

2.2 O Ensino de Ciências por Investigação (ENCI)

O Ensino de Ciências por Investigação, segundo Carvalho (2013), é uma metodologia que propõe colocar o estudante como protagonista do processo de aprendizagem, estimulando-o a pensar, questionar, investigar e construir explicações a partir de evidências. Nessa perspectiva, o professor atua como mediador, organizando situações didáticas que favoreçam a problematização, a formulação de hipóteses, a experimentação, o registro e a comunicação dos resultados.

De acordo com Carvalho (2013), a estrutura básica de uma sequência de ensino por investigação envolve etapas interdependentes, que podem incluir:

- Apresentação de uma situação-problema que desperte curiosidade e gere conflito cognitivo;
- Levantamento de hipóteses e discussão coletiva, promovendo a expressão das ideias prévias dos estudantes;
- Experimentação e coleta de dados, possibilitando a confrontação das hipóteses com evidências empíricas;
- Análise e interpretação dos resultados, momento em que os estudantes elaboram explicações baseadas nos dados;
- Sistematização e comunicação, etapa final em que o professor auxilia na formalização dos conceitos científicos e na socialização das aprendizagens.

Assim, o ENCI busca desenvolver não apenas o conhecimento conceitual, mas também procedimentos e atitudes científicas, contribuindo para uma formação crítica e reflexiva dos estudantes.

2.3 A Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud

A Teoria dos Campos Conceituais (TCC) foi desenvolvida por Gérard Vergnaud a partir de suas investigações sobre a aprendizagem de conceitos matemáticos, estendendo-se posteriormente a diversas áreas do conhecimento. Para o autor, um campo conceitual é formado por um conjunto de situações, conceitos, representações e invariantes operatórios que interagem entre si e sustentam a construção de novos conhecimentos (Vergnaud, 1990; 1994).

Os invariantes operatórios são compostos pelos conceitos-em-ação e teoremas-em-ação e constituem o núcleo cognitivo que orienta o raciocínio dos sujeitos ao resolver problemas. Assim, compreender um conceito implica em saber mobilizá-lo em múltiplas situações. O processo de aprendizagem, nessa perspectiva, é dinâmico e não-linear, caracterizado por sucessivas reorganizações cognitivas (Cunha; Ferreira, 2020).

Aplicar a TCC ao ensino de Ciências permite analisar de que forma os estudantes constroem significados a partir da resolução de problemas contextualizados. Ao relacionar essa teoria com metodologias ativas, o professor pode identificar como os conceitos científicos são apropriados, reelaborados e aplicados em novas situações.

METODOLOGIA

Esta pesquisa possui caráter qualitativo, uma vez que visa compreender os diversos sentidos e significados construídos pelos participantes em sua interação com o contexto social

(Silva et al., 2022), isto é, na vivência em sala de aula durante a implementação de uma sequência de ensino investigativo voltada ao campo conceitual dos carboidratos direcionada a graduandos do curso de Física da UFMS centrada no estudo dos carboidratos. Esta proposta de Sequência de Ensino Investigativo foi organizada em cinco etapas, conforme o modelo da ENCI, e contou com a participação de nove estudantes, identificados como E1, E2, E3 e assim sucessivamente, a fim de preservar o anonimato dos participantes.

Durante o processo, foi inicialmente aplicada a Situação-Problema 1, seguida da realização de um roteiro investigativo experimental estruturado. Logo após o roteiro, os estudantes responderam à Situação-Problema 2, elaborada com o propósito de verificar possíveis indícios de domínio do campo conceitual abordado. Após a aplicação das situações-problema 1 e 2, os dados coletados foram submetidos a análise de conteúdo de Bardin (2016) para classificação dos invariantes operatórios com base em seu nível de domínio do campo conceitual.

O projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, sob o Parecer nº 7.204.765/2024, além de coleta de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) dos participantes da pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A implementação da Sequência de Ensino por Investigação (SEI), articulada aos princípios STEAM e ao Ensino de Ciências por Investigação (ENCI), teve como eixo integrador o campo conceitual dos carboidratos, buscando promover uma abordagem interdisciplinar na formação de licenciandos em Física. Para isso, os estudantes foram expostos a situação-problema 1 *“Imagine que dois alimentos diferentes, por exemplo, a glicose e o álcool etílico, apresentam fórmula molecular semelhante. Se ambos têm a fórmula semelhante, será que, ao serem consumidos, fornecem a mesma quantidade de energia para o nosso organismo? Será que a estrutura molecular e as ligações químicas têm a ver com isso?”* e de um roteiro experimental estruturado segundo os princípios do Ensino de Ciências por Investigação (ENCI).

Após este roteiro, os estudantes responderam a situação problema 2 *“Na hora do intervalo, dois estudantes – Clara e João – faziam um lanche depois da aula de Educação Física. Clara comia uma banana, enquanto João comia um pão com queijo que sua mãe preparou. Curiosos, começaram a conversar*

– “Engraçado... os dois têm açúcar, mas o professor disse que o açúcar da banana dá energia mais rápido que o açúcar do pão.” – comentou Clara.

- “Você lembra o que ele explicou sobre os tipos diferentes? Eu só lembro que os dois açúcares são carboidratos.” – disse João.
- “Ah, eu lembro! Ele falou que o açúcar da banana é menor, e o do pão é formado por moléculas maiores e mais compridas.” – completou ela.
- “Será que é isso que faz a energia chegar mais rápido?” – questionou João.
- “Vamos perguntar ao professor!” – exclamou Clara. E os dois correram até a sala dos professores, cheios de curiosidade.”

A partir da coleta desta segunda situação-problema, os estudantes demonstraram capacidade de análise e resolução de uma nova situação de natureza semelhante e as respostas produzidas serviram de base para a construção das categorias do quadro. Neste artigo, o campo conceitual em análise refere-se aos carboidratos e suas relações estruturais e energéticas.

Quadro 1: organização das categorias de invariantes operatórios, conceitos-em-ação e teoremas-em-ação

Categorias	Conceitos-em-ação	Teoremas-em-ação
Invariantes operatórios consolidados	Carboidratos simples, complexos e velocidade de digestão	<p>“frutose (...) faz parte dos monossacarídeos onde sua composição é mais simples fazendo a sua digestão mais rápida, fornecendo energia em uma velocidade maior” (E1)</p> <p>“a banana, por ter um carboidrato mais simples fornece energia de forma mais rápida para o organismo(...). O pão com queijo, por sua vez, leva mais tempo para ser digerido, por se tratar de moléculas mais complexas”. (E4)</p> <p>“a frutose é um carboidrato mais simples do que o amido, de forma que o corpo consegue sintetizá-lo mais rápido e disponibilizar a energia (...) mais rápido do que o amido, um carboidrato mais complexo com uma cadeira maior de moléculas.” (E7)</p>
Invariantes operatórios consolidados	Carboidratos simples e velocidade de digestão	<p>“Na banana compreendemos que contém a frutose, um carboidrato presente nas frutas e que liberam energia mais rápido para quem consome” (E3)</p> <p>A frutose é uma molécula menor e por isso é sintetizada mais rápida, ou seja, a energia chega mais rápido. A molécula da lactose, por ser maior, leva mais tempo para ser sintetizada, ou seja, seu efeito é mais lento e mais duradouro. (E10)</p>
Invariantes operatórios não-consolidados	Carboidratos simples, complexos e velocidade de digestão	<p>“Na banana temos como principal carboidrato o açúcar simples e no pão com queijo, carboidrato composto. O açúcar composto fornece mais energia ao corpo por mais tempo.” (E2)</p> <p>“A banana possui carboidratos mais leves, assim com mais fácil digestão, logo o organismo humano absorve melhor. Enquanto o pão, possui carboidratos mais pesados, com mais dificuldade de digestão e logo o corpo absorve com maior demora.” (E5)</p>

		“A molécula presente no pão de queijo fornece mais energia ao corpo, por serem maiores, porém elas também são mais complexas então nosso corpo demora mais para quebrá-las”. (E9)
Invariantes operatórios indefinidos	Carboidratos simples, complexos e velocidade de digestão	Ambos os dois tem carboidratos, porém a banana é mais "natural", pois o carboidrato da banana é a frutose. Que é o açúcar estrutural da própria banana, já o carboidrato do pão de queijo é composto por outros ingredientes, como a farinha que tem o amido, o leite que tem a lactose. Só por si só a banana é de ingestão mais fácil, pois tem menos carboidrato que o pão de queijo. (E11)

Fonte: elaborado pelo autor (2025)

O quadro 1 organiza as produções dos estudantes segundo os invariantes operatórios identificados nas respostas à situação-problema sobre carboidratos e velocidade de digestão, à luz da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud (1990). Essa teoria considera que o conhecimento científico é constituído por um conjunto de esquemas de pensamento, compostos por conceitos-em-ação e teoremas-em-ação, os quais orientam o raciocínio e a resolução de problemas. A partir dessa perspectiva, os invariantes operatórios representam os elementos estáveis do pensamento do sujeito, isto é, as relações e propriedades que este considera verdadeiras para agir em determinada situação.

No quadro 1, as respostas foram categorizadas em três níveis de consolidação dos invariantes operatórios sendo eles os consolidados, não consolidados e indefinidos, conforme o grau de aproximação com a linguagem e o raciocínio científico.

Os invariantes operatórios consolidados são aqueles em que o estudante mobiliza corretamente os conceitos-em-ação e teoremas-em-ação relacionados à estrutura molecular dos carboidratos e à sua relação com a velocidade de digestão. Nessas respostas (E1, E3, E4, E7, E10), observa-se o uso adequado da terminologia científica como “monossacarídeos”, “moléculas simples”, e “amido”, além do estabelecimento de relações coerentes, como “quanto mais simples a molécula, mais rápida é a digestão e a liberação de energia”. Tais enunciados evidenciam uma compreensão consolidada do conceito, indicando que o estudante internalizou a relação entre complexidade molecular e tempo de digestão de forma próxima ao discurso científico.

Os invariantes operatórios não-consolidados, por sua vez, revelam uma aproximação parcial com o raciocínio científico. Embora os estudantes (E2, E5, E9) identifiquem corretamente a existência de diferenças entre carboidratos simples e complexos, suas explicações apresentam contradições conceituais ou generalizações imprecisas, por exemplo, ao afirmar que o “açúcar composto fornece mais energia ao corpo por mais tempo” sem

relacionar adequadamente essa característica à estrutura molecular. Nesse caso, há uma tentativa de aplicar o conceito, porém sem domínio suficiente da linguagem ou das relações que fundamentam o carboidrato

Por fim, o invariante operatório indefinido (E11) caracteriza respostas que se apoiam predominantemente em saberes genéricos, sem evidências de mobilização de conceitos científicos. O estudante reconhece que ambos os alimentos contêm carboidratos, mas fundamenta sua explicação em aspectos como a “naturalidade” da banana ou a “quantidade de carboidrato”, sem explicitar relações entre estrutura química e digestibilidade. Tal resposta indica ausência de elaboração conceitual e de relação com o conhecimento científico.

De modo geral, a análise evidencia que os estudantes operam com invariantes coerentes ao campo conceitual dos carboidratos, articulando estrutura molecular, digestão e fornecimento energético. No entanto, há variações no nível de estrutura conceitual entre respostas, que vão desde descrições empíricas até formulações próximas ao modelo científico. Essa diversidade é esperada e desejável em contextos investigativos, pois revela diferentes estágios de apropriação conceitual e de generalização dos invariantes operatórios, aspectos centrais na perspectiva de Vergnaud (1994) sobre o desenvolvimento cognitivo no ensino de Ciências.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo evidencia o potencial de integração entre a abordagem STEAM e o Ensino de Ciências por Investigação para a promoção de aprendizagens significativas e contextualizadas uma vez que a maior parte dos alunos mobilizou os conceitos-em-ação e os teoremas-em-ação corretamente, ou seja, apresentaram indícios de domínio do campo conceitual.

A abordagem STEAM, juntamente a uma SEI, estimula a autonomia discente e fortalece a transposição didática entre teoria e prática. Essa combinação metodológica amplia o repertório pedagógico dos graduandos e contribui para a construção de um ensino de Ciências contextualizado, criativo e crítico.

A sequência didática proposta representa uma possibilidade de aplicar essa articulação metodológica em cursos de formação docente, estimulando a transdisciplinaridade e a compreensão conceitual em nível superior.

Ao analisar o processo de aprendizagem sob a perspectiva da Teoria dos Campos Conceituais, torna-se possível identificar os invariantes operatórios mobilizados pelos estudantes durante as atividades investigativas, revelando como constroem e aplicam os conceitos científicos. Essa análise possibilita compreender não apenas se houve aprendizagem,

mas como ela ocorreu, contribuindo para o aprimoramento de práticas formativas baseadas em evidências.

Assim, os resultados sugerem que a articulação entre STEAM, ENCI e TCC constitui um caminho promissor para o ensino. Essa integração metodológica amplia o repertório pedagógico dos futuros professores, incentivando a reflexão crítica sobre o próprio processo de ensinar e aprender Ciências.

Como perspectivas futuras, recomenda-se o acompanhamento a longo prazo da aplicação da sequência didática e o desenvolvimento de instrumentos avaliativos que permitam mensurar os efeitos da abordagem sobre a aprendizagem. Assim, este trabalho pretendeu contribuir para uma prática educativa mais integrada, reflexiva e sensível às demandas contemporâneas da educação científica.

REFERÊNCIAS

- BACICH, L.; HOLANDA, L. STEAM: integrando as áreas para desenvolver competências. In: BACICH, L.; HOLANDA, L. (org.). *STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na Educação Básica*. Porto Alegre: Penso, 2020. p.1-12.
- BARDIN, Laurence. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 2016.
- BYBEE, R. W. *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. Arlington: NSTA Press, 2014.
- CAMPOS, D. C.; LIMA, E. J. de; CINTRA, D. D.; MORAES, D. V. de. The STEAM approach and its pedagogic and methodological trends. *Research, Society and Development*, [S.1.], v. 11, n. 15, p. e190111537148, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i15.37148. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/view/37148>. Acesso em: 13 maio 2025.
- CASTRO, E. A.; PAIVA, F. M; SILVA, A. M. Aprendizagem em química: desafios na educação básica. *Revista Nova Paideia - Revista Interdisciplinar em Educação e Pesquisa*, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 73–88, 2019. DOI: 10.36732/riep.v1i1.15. Disponível em: <https://ojs.novapaideia.org/index.php/RIEP/article/view/15>. Acesso em: 13 maio 2025.
- CARVALHO, A. M. P. *Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- COSTA, Joanete de Souza. **Uma experiência de horta escolar como proposta maker para o Ensino de Ciências**. 2024. 91 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2024. Disponível em: <<http://www.bdtd.ueg.br/handle/tede/1619>>. Acesso em: 12 maio 2025.

- CUNHA, K. M. A.; FERREIRA, L. N. de A. A Teoria dos Campos Conceituais e o Ensino de Ciências: Uma Revisão. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, [s. l.], v. 20, n. u, p. 523–552, 2020.
- DEWEY, J. *Experiência e educação*. Trad. Renata Gaspar. Rio de Janeiro: Vozes. 2010a.
- DOS PASSOS, T. S., DE OLIVEIRA, L. C. F., DOS REIS NETO, R. A., MENESES, A. R., DOS REIS SOARES, G., SOUSA, M. A. D. M. A., ... & DA SILVA, M. M. Além do Convencional: Como a Sala de Aula Invertida Revoluciona o Ensino Tradicional. *Revista Educação, Humanidades e Ciências Sociais*, e00132-e00132. 2024.
- FERNANDES DE OLIVEIRA, F. M.; BIZERRA, A. M. C. Identificação de conhecimentos prévios através de mapas conceituais a partir do tema preservação de recursos hídricos e ensino de química. *REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, Cuiabá, Brasil, v. 10, n. 2, p. e22031, 2022. DOI: 10.26571/reamec.v10i2.13223. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/13223>
- PAGE, M. J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, v. 372, n. 71, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- SILVA, D. C. *et al.* Características de pesquisas qualitativas: estudo em tese de um programa de pós-graduação em educação. *Educação em Revista*, Belo Horizonte, v. 38, jul. 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-469826895>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/edur/a/vfYpxdKhR6BBSrf3YpSHjqz/?lang=pt>.
- SOARES, Raíza de Araújo Domingos. **O ensino e aprendizagem de conceitos químicos por meio da abordagem STEAM na educação básica**. 2023. 204 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Inovação em Tecnologias Educacionais) – Instituto Metrópole Digital, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/55724>. Acesso em: 12 maio 2025.
- VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, v. 10, n. 23, p. 133–170, 1990.
- VERGNAUD, G. Multiplicative conceptual field: what and why? In: GUERSHON, H.; CONFREY, J. (Eds.). *The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics*. Albany, N.Y.: State University of New York Press, 1994. p. 41–59.
- VASCONCELOS, Januza Fontes. **Abordagem STEAM para a inovação educacional no ensino de ciências**. 2023. 153 p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Educação, Santa Maria, 2023. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/30032>.

YAKMAN, G. STEAM education: An overview of creating a model of integrative education. In: *PUPIL International Conference: Research, Technology and Education Topics*. Badajoz, 2008. Proceedings [...]. Badajoz: Formatex, 2008. p. 335-358. Disponível em: <http://www.stamedu.com/html/about_steam_education.html> Acesso em dez. 2023.