

STEM LITERACY: CONCEPÇÕES E ASPECTOS CONCEITUAIS NO CENÁRIO MUNDIAL

STEM Literacy: conceptions and conceptual aspects in the world scenario

Graciele Carvalho de Melo

Universidade Federal de Santa Maria
gracic.demelo@gmail.com

Eliziane da Silva Dávila

Universidade Federal de Santa Maria
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Farroupilha Campus São
Vicente do Sul
eliziane.davila@iffarroupilha.edu.br

Resumo

A Educação STEM no Brasil ainda é recente, situação oposta a outros países em que essa abordagem está difundida em seus sistemas de ensino. Dentre as temáticas que a circundam, pesquisadores da Educação STEM destacam como sendo seu cerne a *STEM Literacy*. Logo, este trabalho se propôs a investigar os pressupostos da *STEM Literacy*, a fim de fornecer subsídios que auxiliem no desenvolvimento do STEM no país. Assim, foi realizado um mapeamento do termo *STEM Literacy* no Portal de Periódicos CAPES e na BDTD, os quais passaram pela Análise de Conteúdo. Os resultados mostraram não haver consenso sobre a conceituação do termo, mas revelaram que este está alicerçado no processo de ensino e aprendizagem. Evidenciou-se que a *STEM Literacy* valoriza aspectos conceituais, procedimentais e atitudinais relacionados aos temas e problemas STEM. Além da importância da criticidade, colaboração, comunicação, criatividade, resolução de problemas e desenvolvimento de competências e habilidades para a educação contemporânea.

Palavras chave: educação do século XXI, ensino e aprendizagem, movimento STEM.

Abstract

STEM Education in Brazil is still recent, the opposite of other countries where this approach is widespread in their education systems. Among the themes that surround it, STEM Education researchers highlight STEM Literacy as its core. Therefore, this work proposed to investigate the assumptions of STEM Literacy, to provide subsidies that assist in the development of STEM in the country. Thus, a mapping of the term, STEM Literacy, was carried out in the Portal de Periódicos CAPES and in the BDTD, which underwent Content Analysis. The results showed that there is no consensus on the concept of the term, but revealed that it is based on the teaching and learning process. It was evident that STEM Literacy values conceptual, procedural, and

attitudinal aspects related to STEM themes and problems. In addition to the importance of criticality, collaboration, communication, creativity, problem solving, development of skills and abilities, for contemporary education.

Key words: 21st century education, teaching and learning, STEM movement.

Introdução

A historicidade da Educação STEM no Brasil ainda é recente (PUGLIESE, 2017; TOLENTINO NETO *et al.*, 2021), no entanto, em outros países essa abordagem encontra-se estruturada nos currículos escolares, com políticas públicas específicas e pesquisas científicas consolidadas. Dentre as temáticas que a circundam, há um termo defendido por autores (ZOLLMAN, 2012; BYBEE, 2013; LI *et al.*, 2019; LEUNG, 2020) como sendo o cerne da Educação STEM, trata-se da *STEM Literacy*.

De acordo com esses autores, é através da compreensão sobre a *STEM Literacy* que se torna possível realizar as mudanças em prol da Educação STEM, desde identificar os princípios que os estudantes precisam alcançar, como possibilitar a visão acerca de novas perspectivas que possam auxiliar no processo de ensino e aprendizagem STEM. Ademais, os autores enfatizam que a mesma pode fornecer subsídios para a estruturação e para o desenvolvimento de currículos, sobretudo para promover a sua democratização e equidade (ZOLLMAN, 2012; BYBEE, 2013; LI *et al.*, 2019; LEUNG, 2020). Logo, pode-se entender que a *STEM Literacy* e a Educação STEM possuem uma relação de influência mútua e não apenas como uma consequência.

A partir desse entendimento, compreende-se ser imprescindível que para o desenvolvimento da Educação STEM no Brasil deva-se investigar o que de fato é a *STEM Literacy*. Para isso, neste trabalho adota-se a concepção de Zollman (2012), de que, primeiramente, precisa-se ultrapassar a ideia de desenvolver o STEM para se alcançar a *STEM Literacy* e partir do ponto em que se usa a *STEM Literacy* para alcançar a aprendizagem STEM. Assim, o presente estudo tem o intuito de apresentar como os pesquisadores em educação STEM têm interpretado a *STEM Literacy*, a fim de tecer perspectivas para o cenário educacional brasileiro.

Percurso metodológico

O estudo aqui descrito consiste em uma pesquisa de natureza aplicada (GERHARDT E SILVEIRA, 2009) e de cunho qualitativo (MINAYO, 2002). Com base no objetivo estabelecido, a mesma é classificada como descritiva/exploratória (MALHEIROS, 2011). Logo, para a execução do estudo adotaram-se os procedimentos de uma pesquisa tipo Estado da Arte (FERREIRA, 2002), que buscam

[...] mapear e de discutir uma certa produção acadêmica em diferentes campos do conhecimento, tentando responder que aspectos e dimensões vêm sendo destacados e privilegiados em diferentes épocas e lugares, de que formas e em que condições têm sido produzidas certas dissertações de mestrado, teses de doutorado, publicações em periódicos e comunicações em anais de congressos e de seminários. Também são reconhecidas por realizarem uma metodologia de caráter inventariante e descritivo da produção acadêmica e científica sobre o tema que busca investigar, à luz de categorias

e facetas que se caracterizam enquanto tais em cada trabalho e no conjunto deles, sob os quais o fenômeno passa a ser analisado (FERREIRA, 2002, p. 258).

Para tanto, definiu-se como descritor para direcionamento das buscas, o próprio termo “*STEM Literacy*”, o qual foi investigado no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), sem o estabelecimento de datas e idiomas. O mapeamento foi realizado entre outubro e dezembro de 2020.

A investigação realizada na BDTD não possuiu nenhum resultado, já no Portal de Periódicos CAPES obteve-se um quantitativo de 352 resultados. Devido ao foco do trabalho, descartaram-se 48 resultados, por constituírem-se de atas de congressos, figuras, anúncios de jornais, entre outros. Salienta-se que os materiais remanescentes foram todos artigos, sem a presença de dissertações e teses, os quais foram submetidos à Análise de Conteúdo (BARDIN, 2011).

Inicialmente, os materiais foram coletados para a análise, neste momento, averiguou-se que dos 304 trabalhos selecionados, 116 não se encontravam mais acessíveis no Portal e/ou foram indexados mais de uma vez. Assim, os 188 artigos restantes passaram pela etapa de pré-análise, com a realização da leitura “flutuante” dos resumos das obras, seguindo os critérios de seleção pré-estabelecidos.

Entretanto, a diversidade estrutural das obras fez com que fosse realizada a busca do descritor “*STEM Literacy*” em todo o corpo do texto, continuando com a leitura flutuante nos trechos dos textos que continham o descritor. Dessa amostragem, os trabalhos estavam escritos quase que exclusivamente em inglês, tornando-se importante compreender o contexto no qual o descritor estava inserido. Após esse momento, os artigos foram organizados em dois grupos, os que não versavam sobre *STEM Literacy*, com 158 obras, e os que versavam sobre a *STEM Literacy* com apenas 30 exemplares.

Seguindo o objetivo do trabalho, apenas o segundo grupo continuou “Artigos que exploram a *STEM Literacy*” na Análise de Conteúdo. Por ser uma amostra pequena, os artigos foram lidos integralmente de modo a não comprometer a essência da *STEM Literacy* presente nos trabalhos.

Posteriormente, seguiu-se para a codificação, com o estabelecimento das unidades de registro e contexto através da análise temática, resultando nas seguintes categorizações: (i) *Ano de publicação*; (ii) *País de publicação*; (iii) *Foco da pesquisa*; (iv) *Público alvo*; (v) *Nível de ensino*; (vi) *Indicadores da STEM Literacy*; (vii) *Formação dos autores*; (viii) *Revista de publicação*, (ix) *Contexto da STEM Literacy*; (x) *Conceitos envolvidos na STEM Literacy*; (xi) *Área STEM com maior destaque*.

A seguir foi realizada a etapa de inferência, a informatização dos dados ocorreu com a elaboração de planilhas no Excel e no Word durante todas as etapas realizadas. Por este trabalho constituir uma dissertação, serão explanados apenas os resultados provenientes das categorias, a saber: *Indicadores da STEM Literacy*; *Contexto da STEM Literacy*, e; *Conceitos envolvidos na STEM Literacy*. Ressalta-se, ainda, que os resultados foram todos calculados sobre o valor 30, número correspondente ao total de artigos analisados.

Resultados e discussões

Para contextualizar as categorias que se sucedem, vale destacar que no mapeamento realizado não foram obtidos estudos de pesquisadores brasileiros. Portanto, toda a bibliografia encontrada sobre a *STEM Literacy* trata-se de estudos internacionais.



Contexto da *STEM Literacy*

Na análise desta categoria, consideraram-se as características, as perspectivas e os ambientes que constituem a *STEM Literacy*, sob as quais, os autores das obras fundamentaram suas pesquisas e concepções. Neste viés, as informações encontradas foram organizadas através de quatro eixos centrais: “*Formação acadêmica do sujeito*”; “*Constituição profissional do sujeito*”; “*Cidadania global do sujeito*” e “*Meta da Educação STEM*”.

Em relação a “*Formação acadêmica do sujeito*”, os estudos dissertaram sobre a *STEM Literacy* no processo formativo dos indivíduos, desde a Educação Básica até o Ensino Superior. Neste cenário, caracterizam-na como uma expectativa aos estudantes caracterizada como uma expectativa para todos os alunos e um requisito para a saúde e vida. Esse entendimento implica que a *STEM Literacy* é indispensável para que os sujeitos possam construir conhecimentos, habilidades e atitudes STEM, as quais são fatores determinantes no preparo dos estudantes frente aos desafios do mundo, como cidadãos informados, transformadores, críticos e capazes de se adequarem às mudanças sociais.

Próximo a esse contexto, tem-se a “*Constituição profissional do sujeito*” em que se pondera a *STEM Literacy* como decisiva para o sucesso econômico. Essa interpretação pressupõe o fato de que é através da *STEM Literacy* que os cidadãos dominam as habilidades de atender as exigências do mundo do trabalho atual, bem como tornam-se qualificados para o exercício de carreiras STEM. Ambos os contextos subsidiam a denominada “*Cidadania global do sujeito*”, que consiste na capacidade de o indivíduo usar seus conhecimentos, habilidades e atitudes para resolver problemas reais em nível local, regional e global, além de estarem aptos a abordarem questões de impacto pessoal, coletivo e social.

Para tanto, as pesquisas classificam como um cidadão global aquele que é capaz de aplicar os seus saberes STEM no mundo, sob a premissa de melhorar, modificar e resolver problemas atuais de cunho científico, tecnológico e ambiental, bem como ser capaz de adaptar-se às mudanças globais futuras. A partir dessas informações, os artigos concluíram que a *STEM Literacy* é o “objetivo principal”, “cerne”, “propósito” e “finalidade” da Educação STEM, conferindo-lhe a denominação de “*Meta da Educação STEM*”.

Indicadores da *STEM Literacy*

Inicialmente, vale destacar que o termo “indicadores” se refere aos preceitos definidos, seja pelo autor do artigo analisado como pela bibliografia adotada por esses pesquisadores, para tentar estabelecer se os sujeitos possuem ou não a *STEM Literacy*. Desta forma, destacaram-se os seguintes indicadores: “*Demonstra criatividade, criticidade, comunicação e colaboração*”; “*Integra as quatro áreas STEM*”; “*Aplica/relaciona conhecimento de STEM em outros assuntos e situações*”; “*Identifica e reconhece problemas STEM*”; “*Articula conhecimentos e habilidades STEM*” e “*Resolve problemas STEM*”.

O estabelecimento da criatividade, criticidade, comunicação e colaboração (4C’s), como um dos indicadores da *STEM Literacy*, leva a inferir de que a mesma se aproxima dos ideais defendidos para a educação e a cidadania do século XXI. Discurso parecido com esse, que elenca os 4C’s como habilidades importantes aos sujeitos, pode ser encontrado em documentos de organizações internacionais, como Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e a Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (UNESCO), além dos objetivos para o desenvolvimento sustentável propostos pela Organização das Nações Unidas.



A OCDE (2018) afirma que os cidadãos necessitam ter, atualmente, o domínio de habilidades cognitivas e metacognitivas (pensamento crítico, pensamento criativo, aprender a aprender e autorregulação), habilidades sociais e emocionais (empatia, auto eficácia, responsabilidade e colaboração) e habilidades práticas e físicas (uso de novos dispositivos de tecnologia da informação e comunicação). Objetivos semelhantes são propostos pela UNESCO (2015), na perspectiva de que os estudantes tenham dinamicidade e interdependência para enfrentar o mundo do século XXI. Deste modo, preveem que os discentes possuam atitudes colaborativas, responsáveis, conhecimento sobre justiça, igualdade, dignidade, respeito, além de ter pensamento crítico, sistêmico e criativo, bem como habilidades sociais de empatia, resolução de conflitos e comunicação.

Assim, quando analisada a interpretação dos artigos sobre a criatividade, esta foi elencada como uma qualidade necessária para a solução de problemas. Sobre a comunicação, os autores delimitam-na à habilidade que o indivíduo tem de interpretar, informar e comunicar efetivamente as descobertas, conclusões e soluções dos problemas e assuntos STEM. A colaboração, no entanto, está associada à realização do trabalho para a construção coletiva do conhecimento e para a capacidade de conviver em sociedade. Já a criticidade, os pesquisadores entendem que permite a reflexão sobre as ações e relações STEM, possibilitando a formulação de hipóteses e autonomia intelectual para investigá-las, confirmá-las ou negá-las.

Logo, os 4Cs complementam o indicador “*Integra as quatro áreas STEM*”, por meio do qual se infere a capacidade de o sujeito inter-relacionar os conceitos STEM com demais temáticas e campos do saber, reconhecendo-os tanto no mundo natural quanto no mundo projetado pelo homem. Em vista disso, as áreas STEM relacionam-se diretamente aos indicadores “*Aplica/relaciona conhecimento de STEM em outros assuntos e situações*”, “*Identifica e reconhece problemas STEM*” e “*Articula conhecimentos e habilidades STEM*”, uma vez que é por intermédio da mobilização dos conhecimentos dessas áreas que tais indicadores são alcançados. Consequentemente, também se articulam ao indicador “*Resolve problemas STEM*”, já que este último compreende a uma das metas da Educação STEM.

Conceitos envolvidos na STEM Literacy

Das conceituações utilizadas nos trabalhos analisados acerca da *STEM Literacy*, as que mais se sobressaíram foram as pertencentes ao *National Research Council* (NRC, 1996; NRC; 2011; NRC, 2012), Lederman (1998), Balka (2011), Zollman (2012) e Bybee (2010; 2013). Entretanto, quando investigados os trabalhos e documentos originais, percebeu-se que os documentos da NRC não dissertam sobre a *STEM Literacy* e nem sobre a Educação STEM, os textos baseiam-se na *Scientific Literacy*, *Technology Literacy*, *Engineering Literacy* e *Mathematics Literacy*. Em determinados trechos dos documentos (NRC, 1996; NRC; 2011; NRC, 2012), faz-se uma aproximação de duas ou mais áreas STEM, porém ainda não se refere à abordagem em si. Neste sentido, infere-se que tais documentos podem ter contribuído com estudos posteriores, acerca da temática STEM e, possivelmente, auxiliaram na compreensão individual da *Literacy* nessas quatro áreas.

A mesma situação repetiu-se com o trabalho de Lederman (1998), no qual os pressupostos apresentados pelo autor correspondem à importância das áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática, mas sem a conceituação de *STEM Literacy* ou Educação STEM. Logo, os conceitos de *STEM Literacy*, compreendidos como base dos estudos, foram os elaborados por Balka (2011), Zollman (2012) e Bybee (2010; 2013). Adotou-se essa concepção pelo fato de que foram elaborados, especificamente, para o termo, como pode ser observado no quadro abaixo.

Quadro 1 - Conceitos de *STEM Literacy* que embasaram os artigos analisados.

Autor	Conceito
Bybee (2010, p. 31)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Adquirir conhecimento científico, tecnológico, de engenharia e matemático e usar esse conhecimento para identificar problemas, adquirir novos conhecimentos e aplicar o conhecimento a questões relacionadas a STEM; 2. Compreender os recursos característicos das disciplinas STEM como formas de esforços humanos que incluem os processos de investigação, design e análise; 3. Reconhecer como as disciplinas STEM moldam nosso mundo material, intelectual e cultural; e 4. Envolver-se em questões relacionadas a STEM e com as ideias de ciência, tecnologia, engenharia e matemática como cidadãos preocupados, afetivos e construtivos.
Balka (2010, p. 7)	É a capacidade de identificar, aplicar e integrar conceitos de ciência, tecnologia, engenharia e matemática para entender problemas complexos e a capacidade de inovar para resolvê-los.
Zollman (2012)	Trata-se de um processo dinâmico, destacado em três processos: objetivos educacionais das áreas de conteúdo; domínios cognitivos, afetivos e psicomotores; e necessidades econômicas, sociais e pessoais da humanidade.
Bybee (2013, p.101)	<ol style="list-style-type: none"> 1) Conhecimento, atitudes e habilidades para identificar questões e problemas em situações da vida, explicar o mundo natural e projetado e tirar conclusões baseadas em evidências sobre questões relacionadas a STEM; 2) Compreensão das características das disciplinas STEM como formas de conhecimento humano, investigação e design; 3) Conscientização de como as disciplinas STEM moldam nossos ambientes materiais, intelectuais e culturais; e 4) Vontade de se envolver em questões relacionadas a STEM e com as ideias de ciência, tecnologia, engenharia e matemática como um cidadão construtivo, preocupado e reflexivo.

Fonte: Dados da Pesquisa, 2021.

Além dos pesquisadores supracitados, sobressaíram-se outros estudiosos da Educação STEM, os quais possuem trabalhos relacionados aos ideais da *STEM Literacy*, principalmente no que diz respeito à forma de integração das áreas STEM. Para tanto, o primeiro estudo pertence a *National Governors Association* (NGA, 2007), uma das associações estadunidenses líderes na promoção de pesquisas sobre a Educação STEM. Destacou-se, também, o trabalho de Sanders (2009, p.21), no qual a integração das áreas STEM é explicada como “abordagens que exploram o ensino e a aprendizagem entre duas ou mais áreas de disciplinas STEM e/ou entre uma disciplina STEM e uma ou mais outras disciplinas escolares”.

Já os autores, Vasques, Sneider e Corner (2013), que também estudam a integração das áreas STEM, porém com perspectiva para a Educação Básica, defendem que a Educação STEM pode ocorrer através dos níveis de integração, disciplinar, multidisciplinar, interdisciplinar e transdisciplinar. Por fim, a visão de Kelley e Knowles (2016) sobre a integração das áreas STEM sugere que os professores precisam ter um forte entendimento das relações que podem ocorrer entre cada área, porém não afirmam que todas as áreas STEM devem ser abordadas correlatas.

Ademais, esse desacordo quanto à integração das áreas STEM no processo de desenvolvimento e aquisição da *STEM Literacy* reflete a escolha do conceito desse termo. Os trabalhos que concordam com a visão defendida por Sanders (2009) geralmente usam dos conceitos de Bybee (2010;2013) e Balka (2011). Já nos trabalhos em que se defende que a *STEM Literacy* precisa

partir da correlação das quatro áreas STEM, usam-se dos princípios de Zollman (2012). Para o autor, a *STEM Literacy* é muito mais do que a soma das áreas STEM, correspondendo a uma sinergia das mesmas.

A contextualização dos autores e dos documentos que embasam os artigos analisados permitiu compreender que os trabalhos, nos quais se usa o conceito de *STEM Literacy*, na perspectiva de Zollman (2012), assumem que esta deve ser interpretada como um conjunto de habilidades cognitivas, conhecimentos e atitudes a serem desenvolvidos pelo indivíduo e não como apenas uma área de conteúdo. Zollman (2012) considera que a *STEM Literacy* é um meio dinâmico e mutante, formada de competências, habilidades, capacidades metacognitivas, conhecimento factual, procedimental e conceitual.

Alguns dos estudos analisados e embasados pelas obras de Bybee (2010; 2013) pontuam que a *STEM Literacy* corresponde ao conhecimento conceitual dos conteúdos das áreas de Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática, além de seus recursos e relações com outras áreas do conhecimento.

Sem consenso conceitual de *STEM Literacy*, as ideias que mais se assemelham nos trabalhos analisados estão na percepção de que os conhecimentos STEM precisam envolver a identificação, o entendimento e a resolução de problemas reais e complexos, bem como situações cotidianas, atuando como cidadãos preocupados, reflexivos e construtivos. Neste viés, para alcançar esse pressuposto, os artigos que adotaram os conceitos de Bybee (2010), Balka (2011) e Bybee (2013), entendem que os indivíduos precisam ter vontade de se envolverem nas questões relacionadas ao STEM, aprender a viver juntos, ter uma formação onde sejam abordadas questões autênticas, com integração de disciplinas STEM, vislumbrando uma aprendizagem sobre as necessidades econômicas, sociais e pessoais. Assim, expõem que esse conjunto de saberes precisam estar relacionados com a questão da cidadania global do sujeito, de aplicar esse entendimento no mundo, para melhorá-lo, modificá-lo e adaptar-se às mudanças que este sofre.

Considerações finais

A pesquisa revelou que, apesar do termo *STEM Literacy* já ser estudado por pesquisadores fora do Brasil e em contextos onde a Educação STEM encontra-se melhor consolidada, não existe consenso sobre a sua conceituação, mas revela a contribuição que ela tem no aperfeiçoamento e no desenvolvimento da Educação STEM. Mesmo com as divergências expostas, o trabalho mostrou que existe um entendimento mútuo da *STEM Literacy* ser o objetivo principal da Educação STEM e, que é através dela, que os demais objetivos projetados para o ensino STEM podem ser alcançados, inclusive a performance social e profissional delimitada para os estudantes.

Constata-se, ainda, que a *STEM Literacy* está estruturada no processo de ensino e aprendizagem dos sujeitos, isso inclui todo e qualquer indivíduo envolvido na Educação STEM, seja ele estudante, professor ou profissional. Desta forma, conjectura-se ser importante a formação de professores para essa abordagem.

Para o cenário brasileiro, este trabalho evidencia ser necessário, além da formação docente, a importância de se estabelecer indicadores para a *STEM Literacy*, pois, assim, os professores conseguirão identificar meios de desenvolver a Educação STEM em suas instituições de ensino. Ademais, o estudo pondera a essencialidade dos conhecimentos nas quatro áreas, levantando a

hipótese de que para melhorar a disseminação da Educação STEM no Brasil, é necessário que a Tecnologia e a Engenharia sejam fomentadas nas escolas do país.

Em contrapartida, pode-se observar que existem aproximações dos pressupostos da *STEM Literacy* com alguns ideais defendidos pelas atuais política públicas educacionais brasileiras, como o estímulo à criatividade, à criticidade, à colaboração e à comunicação, as quais podem ser vislumbradas perpassando as dez competências gerais da Base Nacional Comum Curricular. Além desses princípios, tem-se a relevância da resolução de problemas reais e atuais, bem como o protagonismo estudantil.

Agradecimentos e apoios

Trabalho financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTIC).

Referências

BALKA, D. **Standards of mathematical practice and STEM**. Math-Science. Connector Newsletter. Stillwater, OK: School Science and Mathematics Association. 2011.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo. Edições 70, 2011.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. MEC/CONSED/UNDIME. Brasília, DF, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_publicacao.pdf. Acesso em: 15 nov. 2022.

BYBEE, R. W. **The case for STEM Education: Challenges and Opportunities**. Arlington, NSTA Press. 116p. 2013.

FERREIRA, N. S. A. As pesquisas denominadas ‘estado da arte’. **Educação & Sociedade**. Campinas, SP, v. 23, n. 79, p. 257-272. 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/es/a/vPsyhSBW4xJT48FfrdCtqfp/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 13 nov. 2022. doi: 10.1590/S0101-73302002000300013.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D.T. **Métodos de Pesquisa**. 1ª ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

KELLY, T. R.; KNOWLES, J. G. A conceptual framework for integrated STEM education. **International Journal of STEM Education**. v.3, n. 11., p. 1-11. 2016. Disponível em: <https://stemeducationjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40594-016-0046-z>. Acesso em: 14 nov. 2022. doi: 10.1186/s40594-016-0046-z.

LEDERMAN, L. **ARISE: American Renaissance in Science Education**. Fermilab-TM-2051. Batavia, IL: Fermi National Accelerator Lab. 1998.

LEUNG, A. Boundary crossing pedagogy in STEM education. **International Journal of STEM Education**. v. 7, n. 15, p. 1-11. 2020. Disponível em: <https://stemeducationjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40594-020-00212-9>. Acesso em: 13 nov. 2022. doi: 10.1186/s40594-020-00212-9

MINAYO, M. C. S. **Pesquisa social: Teoria, método e criatividade**. 21ª ed. Petrópolis, Rio de Janeiro. 2002.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Objetivos de desenvolvimento Sustentável**. ONU, Agenda de 2030. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 14 nov. 2022.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **National science education standards**: Observe, interact, change, learn. Washington, DC: National Academy Press. 1996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Successful K–12 STEM education**: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics. Washington, DC: The National Academies Press. 2011.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **A framework for K-12 science education**: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. Washington, DC: The National Academies Press. 2012.

OECD. **The future of education and skills. Education 2030**: the future we want. OECD Publishing. 2018. Disponível em: https://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/skills/Skills_for_2030_concept_note.pdf. Acesso em: 15 nov. 2022.

PUGLIESE, G. O. **Os modelos pedagógicos de ensino de ciências em dois programas educacionais baseados em STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics)**. 2017. Dissertação (Mestrado em Genética e Biologia Molecular). Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2017.

SANDERS, M. **STEM, STEM Education, STEMmania**. In: The Technology Teacher. Blacksburg, VA, v. 68, n. 4, p. 20–26. 2009.

TOLENTINO NETO, L. C. B.; OCAMPO, D. M.; DÁVILA, E. S.; LOPES, A. F.; MELO, G. C.; MEDEIROS, J. G.; LOPES, W. M.; MARTINS, P. A. **Entendendo as necessidades da escola do século XXI a partir do Movimento STEM**. (1a ed.). Recife: Even3 Publicações. 2021.

VASQUEZ, J. A.; SNEIDER, C. I.; COMER, M. W. **STEM Lesson essentials, grades 3-8**: Integrating science, technology, engineering, and mathematics. Heinemann. 2013.

ZOLLMAN, A. Learning for STEM Literacy: STEM Literacy for Learning. **School Science and Mathematics**. Stillwater, OK, v. 112, n 1, p. 12-19. 2012. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1949-8594.2012.00101.x>. Acesso em: 13 nov. 2022. doi: 10.1111/j.1949-8594.2012.00101.