



## Educação STEAM no ensino de ciências: um exemplo de desenvolvimento de atividade para o ensino de fisiologia do sistema digestório

FEIJÓ, L. M.<sup>a</sup>, ANDRADE, V. A.<sup>b</sup>, YOVAL, P. G.<sup>c</sup>, COUTINHO-SILVA, R.<sup>d</sup>

<sup>a</sup>Larissa Mattos Feijó / [larissamfeijo@gmail.com](mailto:larissamfeijo@gmail.com)

<sup>b</sup>Viviane Abreu de Andrade / [kange@uol.com.br](mailto:kange@uol.com.br)

<sup>c</sup>Pablo González Yoval / [pyoval@gmail.com](mailto:pyoval@gmail.com)

<sup>d</sup>Robson Coutinho Silva / [rcsilva@biof.ufrj.br](mailto:rcsilva@biof.ufrj.br)

### ARTICLE INFO

**Recebido:** 12 September 2020

**Aceito:** 20 October 2020

**Disponível on-line:** 30 November 2020

**Palavras chave:** STEAM, Sistema digestório, Ensino Superior.

**E-mail:** [larissamfeijo@gmail.com](mailto:larissamfeijo@gmail.com),  
[kange@uol.com.br](mailto:kange@uol.com.br),  
[pyoval@gmail.com](mailto:pyoval@gmail.com),  
[rcsilva@biof.ufrj.br](mailto:rcsilva@biof.ufrj.br).

ISSN 2007-9847

© 2020 Institute of Science Education.  
All rights reserved

### ABSTRACT

In the last decades, science teaching literature has focused on active methodologies' development, improvement and use. An emerging example refers to STEAM education (an acronym for science, technology, engineering, arts and mathematics), a methodology in which science teaching is focused on the resolution of real problems, which demand integration between multiple areas of knowledge and enable the development of a series of cognitive, collaborative and creative skills. In this context, the present work proposes the development of an activity about the digestive system physiology aligned with STEAM education model for higher education students. The subject's choice is based on the multiplicity of possible connections to other content areas contemplated in the STEAM model. Our aim is to provide an example of implementation of a teaching activity that explores science, technology, engineering, art and mathematics, considering the chosen subject. The development of the activity is discussed based on the alignment between its characteristics and the STEAM model. We seek to contribute to the discussion regarding the development of STEAM activities for science teaching, as well as for its application / implementation.

Nas últimas décadas a literatura da área de ensino de ciências tem focado nas demandas relacionadas ao desenvolvimento, aprimoramento e utilização de metodologias ativas de aprendizagem de temas científicos. Um exemplo emergente deste movimento refere-se às proposições da educação STEAM (um acrônimo para os termos ciência, tecnologia, engenharia, artes e matemática), a qual preconiza a resolução de problemas reais, que demandem a integração entre múltiplas áreas do conhecimento e possibilitem o desenvolvimento de uma série de habilidades cognitivas, colaborativas e criativas nos estudantes. Nesse contexto, o presente trabalho apresenta a proposição de uma atividade de ensino da fisiologia do sistema digestório nos moldes da educação STEAM para alunos do Ensino Superior. A escolha do tema se justifica em razão da multiplicidade de conexões possíveis com outros conteúdos das áreas contempladas pelo modelo STEAM. Buscamos desenvolver um exemplo, teoricamente fundamentado, de como implementar uma atividade de ensino que explore ciência, tecnologia, engenharia, arte e matemática do tema de ensino elencado. O desenvolvimento da atividade é discutido com base no alinhamento entre suas características e o modelo STEAM. Buscamos contribuir para a discussão e divulgação do desenvolvimento de atividades STEAM no ensino de ciências, assim como para a aplicação/implementação dessas atividades.

## I. INTRODUÇÃO

Há uma crescente preocupação com o uso de metodologias ativas de aprendizagem no ensino de ciências. Grande parte do interesse por essas metodologias deriva das transformações globais nas áreas de ciência e tecnologia, que nas últimas décadas apresentaram expressivo crescimento. Como resultado, o modelo tradicional de ensino e aprendizagem, pautado em aulas magistrais expositivas e na transmissão de conhecimentos de maneira muitas vezes descontextualizada e fragmentada, com ênfase na memorização, torna-se insuficiente para garantir uma formação que satisfaça às necessidades das sociedades do século XXI (Magrin & Luz, 2018; Cachapuz *et al.*, 2005). Essas noções, que ressaltam a importância de se adotar estratégias de ensino e aprendizagem alinhadas ao contexto de transformação das sociedades contemporâneas, se fazem presentes na literatura desde antes do início do século, como explicita a carta elaborada na Conferência Mundial sobre a Ciência para o Século XXI (1999):

Para que um País esteja em condições de satisfazer as necessidades fundamentadas da sua população, o ensino das ciências e a tecnologia é um imperativo estratégico. Como parte dessa educação científica e tecnológica, os estudantes deveriam aprender a resolver problemas concretos e a satisfazer as necessidades da sociedade, utilizando as suas competências e conhecimentos científicos e tecnológicos.

Diante deste cenário, enfatiza-se a necessidade de metodologias de ensino e aprendizagem que valorizem a apresentação de conteúdos contextualizados, de modo a contribuir para a formação de sujeitos autônomos e críticos, cidadãos aptos a participar da tomada fundamentada de decisões sociais (Cachapuz *et al.*, 2005). É o caso das metodologias ativas, que preconizam a construção do conhecimento em sala de aula como um processo centrado no aluno e em sua realidade, com o intuito de engajá-lo em suas múltiplas dimensões – sensorio-motora, afetiva-emocional, mental-cognitiva – contribuindo, assim, para sua formação profissional e pessoal (Nascimento & Coutinho, 2017).

Nesse contexto, um exemplo emergente refere-se ao movimento da educação STEAM – um acrônimo para os termos ciência, tecnologia, engenharia, artes e matemática (*science, technology, engineering, arts, mathematics*)<sup>1</sup>. Esse movimento surge nos Estados Unidos como uma resposta às necessidades educacionais e econômicas do início do século XXI. Naquele momento, os principais relatórios internacionais indicavam um baixo desempenho e interesse dos estudantes americanos por ciências (OECD, 2003; National Academies Press, 2006; Zeidler, 2016), bem como a perda de competitividade econômica do país devido à carência de profissionais capacitados para lidar com o contexto emergente (National Academies Press, 2006; Becker & Park, 2011; Kelley & Knowles, 2016). Assim, surge o modelo STEAM, como uma estratégia educacional (e econômica) que visa proporcionar a construção de conhecimentos e o desenvolvimento de habilidades considerados primordiais para o contexto de desafios globais do século XXI (Becker & Park, 2011; Bybee, 2013; Hoeg & Bencze, 2017).

Ao longo dos anos, o movimento ganhou força também outros países, sobretudo Reino Unido e Austrália, mas também Japão, China, França, Canadá e África do Sul (Ritz & Fan, 2015). No Brasil e na América Latina, de maneira geral, o movimento ainda se apresenta de maneira reduzida. Em termos continentais, destacam-se a realização congressos e simpósios, como os promovidos pela Associação Latino-Americana de Investigação em Ensino de Ciências, que de forma ainda pontual buscam impulsionar a investigação e implementação de práticas alinhadas ao modelo STEAM (LASERA, 2020). Já no caso do Brasil, especificamente, um levantamento realizado por Pugliese (2017) aponta para uma concepção da educação STEAM como uma metodologia que embasa atividades escolares concentradas “em alguns grupos da rede privada de ensino básico, escolas privadas bilíngues, escolas de programação e robótica para crianças, iniciativas isoladas em algumas escolas públicas e algumas organizações educacionais” (p.48). Além disso, o autor

---

<sup>1</sup> O movimento STEAM representa uma reformulação do original STEM (*science, technology, engineering, mathematics*) (Quigley, Herro, & Jamil, 2017). Em sua origem, o acrônimo não contemplava a área das artes, cuja inclusão ocorre em um período mais recente da história do movimento. Contudo, no presente trabalho, não adentraremos os pormenores dessa discussão, adotando o termo STEAM.

também salienta as escassas menções específicas ao termo na literatura científica do país, bem como a ausência do mesmo nos documentos oficiais que regem a educação brasileira.

Contudo, cumpre destacar que, embora ainda incipiente, existe um alinhamento entre as motivações e objetivos da educação STEAM e a valorização de políticas educacionais e econômicas no contexto brasileiro. Em outras palavras, pode-se dizer que, indiretamente, o Brasil atribui grande valor à maioria das áreas contempladas na educação STEAM, conforme fica claro nas recentes diretrizes para a Educação Básica e Superior (Pugliese, 2017). A única ressalva a ser feita, neste caso, refere-se à área das artes, de modo que talvez seja mais correto falar, neste caso, em educação STEM. À título de exemplo, é possível citar a reforma do Ensino Médio, que prioriza a área de matemática, além do ensino técnico e profissionalizante. De maneira semelhante, a nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC) atribui importância às práticas da metodologia científica, como a experimentação e a investigação, para o entendimento sobre a natureza da ciência (Brasil, 2018). No contexto da pós-graduação, há uma clara disparidade nas recentes propostas de distribuição de recursos com base na valorização de áreas “estratégicas” associadas às áreas científicas e tecnológicas, acompanhada do sucateamento das áreas humanas e sociais (Palhares, Formenti, & Agostini, 2018).

Assim, muito embora o termo STE(A)M ainda não apareça oficialmente nos documentos educacionais brasileiros e esteja pouco presente na literatura científica do país, verifica-se que o ideal que o motiva e o orienta “tem suporte no Brasil antes mesmo de existir como um movimento declarado” (PUGLIESE, 2017, p. 50), estando presente sobretudo nos documentos que orientam e apoiam o ensino no país (Brasil, 2018).

### I.1. Contribuições da educação STEAM para o ensino de ciências

A discussão sobre o movimento da educação STEAM ainda apresenta muitas lacunas. Uma delas refere-se à sua conceituação e aplicação no campo educacional. Pugliese (2017), em um levantamento literário, identificou quatro principais dimensões que o termo pode assumir nesse contexto. Primeiramente, a educação STEAM pode ser encarada como uma metodologia para o ensino de conteúdos de ciências, com base sobretudo na aprendizagem baseada em problemas (Becker & Park, 2011; Kelley & Knowles, 2016; Gamse, Martinez & Bozzi, 2017). Alternativamente, o termo pode ser encarado como um currículo de ciências diferenciado, o qual incorpora, além dos conteúdos tradicionalmente trabalhados, habilidades e competências alinhadas às necessidades do século XXI, tais como conceitos de engenharia, programação e design. A terceira representação, mais abrangente, encara a educação STEAM como uma política pública, cujo intuito é a formação de professores e profissionais capacitados para atuar nas áreas estratégicas contempladas no acrônimo. E, finalmente, a sigla pode significar um modelo educacional ou pedagógico. Quanto a este último ponto, cabe a diferenciação trazida por Fernandes (2015):

Modelos Educacionais são formulações de quadros interpretativos baseados em pressupostos teóricos utilizados para explicar ou exemplificar as ideias educacionais e servem de referência para se **refletir sobre o fenômeno educativo em sua totalidade**. Modelos Pedagógicos são formulações de quadros interpretativos baseados em pressupostos teóricos utilizados para explicar ou exemplificar as ideias pedagógicas e servem de referência e parâmetro para se **entender, reproduzir, controlar e/ou avaliar a prática pedagógica**, entendida como uma parte do fenômeno educativo. (Fernandes, 2015, p. 26–27. Grifo nosso.)

Valendo-se da perspectiva dos modelos, a educação STEAM como um modelo educacional engloba a possibilidade de transformação do sistema educacional como um todo, para além do ensino de ciências. É o que ocorre, por exemplo, com as mudanças complementadas pelas recentes reformas educacionais no Brasil, as quais atribuem grande valor às áreas STEM e ao ensino profissionalizante em detrimento das humanidades (Pugliese, 2017). Neste caso, lideranças políticas orientam a mudança do modelo educacional vigente com base nos pressupostos da educação STEM (ainda que não o referenciem diretamente, como já discutido). Por outro lado, a educação STEAM pode também ser encarada no âmbito de uma reforma de currículo e metodologia específica ao ensino de ciências – caso no qual se trataria de um modelo pedagógico.

Apesar das múltiplas dimensões que o termo pode assumir, há alguns pontos que parecem permear todas definições apresentadas e que são particularmente interessantes para o ensino de ciências. De maneira geral, a educação STEAM se apresenta como uma proposta inovadora que pretende romper com o modelo de ensino tradicional. Os principais pontos de rompimento dizem respeito à ideia de tornar o aluno um sujeito ativo na construção de seu conhecimento, valendo-se de abordagens ancoradas em problemas e desafios reais, que façam sentido para o aluno e que demandem ou permitam a integração entre múltiplas áreas do conhecimento para sua resolução e/ou discussão (Quigley, Herro, & Jamil 2017; Pugliese, 2017).

Assim, embora não explicita um referencial teórico de ensino e aprendizagem, por meio da integração entre as áreas e da busca por conectar os conhecimentos ao mundo real, o STEM está pautado em princípios que valorizam a aprendizagem ativa, a motivação para a aprendizagem, a interação social para o desenvolvimento cognitivo e a contextualização das práticas e do conhecimento. Considerando, ainda, a importância do trabalho de pesquisa, da comunicação e da colaboração, e do pensamento crítico, essa abordagem deixa claro que se trata de uma proposta centrada no aluno, focando na resolução de problemas, no trabalho em grupo e nas práticas experimentais (Lorenzin, 2019, p. 33).

Observa-se, portanto, que o modelo de educação STEAM pode contribuir para as amplamente discutidas e necessárias mudanças no atual ensino de ciências, caracterizado pelo anacronismo de conteúdos e pelo tradicionalismo das metodologias (Pugliese, 2017). E, de fato, a literatura tem apontado que a implementação de modelos educacionais STEAM parece aumentar a motivação, o engajamento e o aprendizado efetivo dos estudantes nas áreas contempladas (Herrington, Reeves & Oliver, 2014; Santos & Correia, 2019).

No entanto, uma das críticas mais contundentes em relação ao modelo diz respeito à sua dificuldade de implementação. Segundo Blackley e Howell (2015), a falta de sucesso da educação STEM pode estar relacionada a estrutura do currículo e ao nível preparo dos professores. A literatura aponta para uma dificuldade dos docentes em compreender, na teoria, e em aplicar, na prática, o modelo de educação STEAM – um achado que pode estar relacionado à necessidade de uma abordagem integrativas do ponto de vista disciplinar (Bybee, 2010, Son *et al.*, 2012; Herro & Quigley, 2017).

Compreendemos que a capacitação para a atuação nos moldes de uma educação STEAM deve estar presente já na formação inicial docente, conforme sugerem múltiplas investigações (Herro & Quigley, 2017; Khine & Areepattamannil, 2019). No entanto, a formação continuada, o contato com a literatura acadêmica e as redes de colaboração também são ferramentas que podem auxiliar na capacitação desses profissionais (Costa, 2019). Neste contexto, a pesquisa científica sobre educação STEAM, conforme já mencionado, ainda é bastante incipiente, com foco principal nas interpretações do movimento nas esferas educacional e política (Wong, Dillon & King, 2016). Poucos trabalhos apresentam diretrizes teóricas e práticas de desenvolvimento, implementação e avaliação de práticas pedagógicas baseadas em um modelo de educação STEAM (Kim & Park, 2012a, 2012b; Yackman, 2008).

Desta forma, o presente trabalho possui como objetivo propor o desenvolvimento de uma proposta de atividade sob os moldes da educação STEAM, com base em um referencial teórico de desenvolvimento de práticas pedagógicas para o modelo em questão. Em outras palavras, este trabalho pretende apresentar um exemplo metodologicamente fundamentado de uma prática docente baseada no modelo STEAM, passível de ser implementada em sala de aula. A atividade é direcionada ao contexto do Ensino Superior e trata, especificamente, do tema “sistema digestório” (SD).

## II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### II.1. O MODELO CONCEITUAL STEAM

A atividade aqui proposta foi baseada em um modelo conceitual proposto por Quigley, Herro e Jamil (2017), o qual se propõe a servir como um exemplo para favorecer a compreensão e a implementação coerente, com o referencial teórico,

e efetiva de práticas pedagógicas de educação STEAM. O referido modelo compreende dois domínios - o instrucional e o de contexto de aprendizado – subdivididos em três dimensões cada.

O domínio instrucional refere-se ao planejamento da prática pedagógica e envolve pensar a organização, a preparação e a apresentação do conteúdo de interesse aos estudantes, nos moldes de uma abordagem STEAM. Já o domínio de contexto de aprendizado diz respeito a aspectos que permeiam a execução desta prática, como a estruturação do ambiente onde a mesma será desenvolvida, a avaliação de sua condução bem como do desenvolvimento dos alunos, além da participação e engajamento demonstrado pelos discentes. Tendo em vista o objetivo deste trabalho, que é o de promover a estruturação de uma atividade de ensino aos moldes da educação STEAM, iremos nos deter nos pontos contemplados pelo primeiro domínio.

O domínio instrucional é dividido em três dimensões principais, as quais compreendem os pré-requisitos de uma produção (aula, atividade ou conteúdo) que se pretenda alinhada à educação STEAM. Esses domínios dizem respeito à apresentação do conteúdo na forma de uma situação-problema, à integração entre disciplinas e às habilidades de solução de problemas. Na visão de Quigley, Herro e Jamil (2017), uma prática pedagógica STEAM deve envolver a resolução de problemas reais, ancorados à realidade dos alunos; a necessidade de conhecimentos de múltiplas áreas para a resolução do problema em questão; e a possibilidade de desenvolvimento de habilidades importantes à resolução de problemas de maneira geral, como a criatividade e a colaboração.

#### **a. Apresentação do conteúdo na forma de situação problema**

Essa dimensão diz respeito à apresentação de conteúdos na forma de uma situação problema ancorada à realidade dos discentes. Em termos mais práticos, os professores devem criar situações problema baseadas em questões da vida real, preferencialmente com relevância para o cotidiano dos alunos – ou seja, questões que os alunos tenham interesse em estudar e/ou que se apliquem diretamente à sua realidade, seja à nível pessoal ou profissional. Esse primeiro critério pode ser satisfeito tomando-se por base a metodologia da Aprendizagem Baseada em Problemas, segundo a qual o problema apresentado é dito mal estruturado. Este tipo de problema pode ser caracterizado como uma situação em que um ou mais aspectos necessários à resolução não se encontram bem definidos. Esses aspectos podem se referir, por exemplo, ao estado inicial, ao estado ou objetivo final e/ou ao conjunto de ações que permitem a transição entre ambos (Chi & Glaser, 1985 *apud* Chin & Chia, 2006). Desta forma, um problema mal estruturado pode apresentar mais de uma solução correta, além de se valer de uma variedade de estratégias para alcançar essa(s) solução(ões) (Hmelo-Silver, 2004).

A importância de se utilizar problemas mal estruturados reside no fato de que sua resolução contribui para o desenvolvimento de habilidades cognitivas, interacionais e criativas. Dentre essas habilidades, é possível citar a capacidade de observação, investigação, análise, reflexão, colaboração, comunicação, entre muitas outras necessárias à resolução da situação por meio de um trabalho dos estudantes que mobiliza diferentes frentes de saber, pensar e agir (Merritt *et al.*, 2017). Além disso, devido à incerteza associada à formulação desse tipo de problema, sua resolução também envolve a integração entre os conhecimentos de diferentes áreas, tornando-os essencialmente interdisciplinares (Gallagher *et al.*, 1995). Todas essas características encontram-se alinhadas com os objetivos da educação STEAM.

Nesse contexto, é importante destacar como a proposição dessa situação problema é marcadamente diferente de da proposição de um problema explícito ou bem estruturado. Segundo Chin e Chia (2006), esses problemas apresentam informações claras e bem definidas que possibilitam sua resolução. Existe clareza quanto ao estado inicial do problema, quanto ao resultado final que se deseja alcançar e quanto a(s) estratégia(s) que deve(m) ser empregada(s) para se atingir o referido resultado. Nesse tipo de problema, um número limitado de regras e princípios é empregado dentro de parâmetros bem-definidos resultando em soluções convergentes, com um resultado comum (Chin & Chia, 2006). A esse respeito, é bastante ilustrativo o caso apresentado por Quigley, Herro e Jamil (2017). Nele, os autores demonstram, em contraposição, um exemplo de abordagem STEAM e um exemplo de abordagem com foco na disciplina.

**Abordagem STEAM:**

Há apenas 8 dias, houve um terremoto de 2.0 pontos de magnitude em Cityview! De fato, terremotos acontecem a todo tempo e estão se tornando cada vez mais prevalentes. A maioria deles é pequena e não conseguimos sequer senti-los, contudo, grandes terremotos causam sérios danos e tem o potencial de prejudicar e matar pessoas. Sua tarefa é determinar se um grande terremoto (de magnitude 6.0 ou maior) poderia ocorrer em XX, prever o epicentro e discutir o impacto potencial sobre a infraestrutura da cidade, através do exame das estruturas existentes, bem como uma avaliação de como os terremotos afetaram a área anteriormente. Você e sua equipe devem reunir evidências para apoiar sua resposta. Sua tarefa é comunicar essas informações ao conselho da cidade local para ajudá-lo a decidir como o público deve ser informado. Como parte do plano de informação ao público, você deve prestar atenção ao impacto emocional de eventos desastrosos. Por fim, ferramentas de visualização ou vídeos que expressem sua perspectiva são encorajadas.

**Abordagem com foco na disciplina:**

Explique como os terremotos resultam de forças do interior do planeta. Identifique e ilustre características geológicas associadas a esses eventos em diferentes regiões do mundo. Em quais regiões você prevê que pode haver um terremoto? (Quigley, Herro & Jamil, 2017, p. 4. Tradução livre).

No primeiro caso, o problema pode ser caracterizado como mal estruturado uma vez que não delimita com clareza o caminho que os estudantes devem tomar para alcançar sua resolução. Em outras palavras, as estratégias empregadas para resolver o problema são múltiplas e vão variar conforme os conhecimentos, o interesse e a habilidade dos estudantes, bem como em função de restrições externas ao problema em si, associadas à estrutura física da escola, à disponibilidade de recursos a serem utilizados, etc. Como consequência dessas características, a resolução do problema conduz à necessidade de emprego das habilidades cognitivas, interacionais e criativas, além do conteúdo das disciplinas. Já no segundo caso, o problema proposto apresenta-se de maneira bem definida, não havendo incerteza associada ao seu estado inicial, objetivo final ou mesmo à estratégia de resolução, a qual demanda somente o conteúdo disciplinar e converge para pontos comuns entre todos os alunos.

Outro ponto importante envolve a relevância do conteúdo que se pretende trabalhar para a resolução do problema proposto, a qual deve ser explícita para o aluno. A literatura aponta que, em casos que o conteúdo não contribui diretamente para a resolução do problema trabalhado, os alunos podem perceber que a associação é forçada e pouco genuína (Lee & Butler, 2003). Assim, a formulação do problema deve contar com uma etapa de planejamento em que os objetivos de aprendizagem estejam bem alinhados ao problema proposto, de modo que se torne perceptível, para o aluno, a relação e a contribuição do(s) conteúdo(s) para a situação analisada.

Por fim, uma vez que a educação STEAM preconiza a integração entre diferentes áreas, esse também deve ser um ponto de consideração na formulação do problema. O professor deve ter em mente quais as diferentes áreas que podem contribuir para a resolução da questão, a fim de melhor destacar suas contribuições específicas e a ligação entre elas. Além disso, como não é esperado que uma pessoa domine uma grande variedade de assuntos, pensar nos conhecimentos que permeiam o conteúdo abordado pode ser uma forma do docente identificar suas principais deficiências, em termos de conteúdo, e se preparar melhor – seja valendo-se do diálogo, do estudo ou da colaboração com outros docentes.

**b. Integração entre disciplinas**

Essa dimensão se refere às diferentes formas nas quais os conteúdos de várias áreas do conhecimento são combinados para o ensino de maneira geral e, no caso da educação STEAM, para a resolução da situação problema. É importante destacar que não se trata, pura e simplesmente, de incluir conteúdos de todas as áreas contempladas pela educação STEAM, mas de incluir aqueles necessários a resolução do problema em particular. Em outras palavras, nem sempre as cinco áreas contempladas no acrônimo estarão envolvidas na resolução de um problema. Em verdade, a literatura aponta

que incluir conteúdos, de maneira forçada, no cenário do problema analisado pode levar os alunos a um desengajamento (Quigley, Herro & Jamil, 2017).

A integração entre disciplinas pode ocorrer em diferentes níveis: multidisciplinar, interdisciplinar e transdisciplinar. A **multidisciplinaridade** é considerada a menos integrativa dentre as três abordagens (Janseen & Goldsworth, 1996). Nela, um determinado tema comum é analisado sob o viés de diferentes disciplinas, mas sem sobrepor seus conteúdos, processos e habilidades (PIRES, 1998). Nesse caso, ocorre a criação de uma rede de disciplinas justapostas, mas sem uma integração ou cooperação efetivas entre elas, a exemplo do currículo escolar tradicional (Morin, 2011). Por esse motivo, as abordagens multidisciplinares imprimem um caráter de fragmentação ao conhecimento, contribuindo para um ensino descontextualizado, o qual pode perpetuar uma visão acrítica e dogmática da ciência (Fazenda, 2013; Krasilchik & Marandino, 2007). Além disso, como o ponto de justaposição das disciplinas é o tema abordado, pode-se dizer que se trata de uma abordagem orientada pelo tema e não pela resolução de um problema (Wickson, Carew & Russell, 2006). Considerando-se que uma educação STEAM é pautada na resolução de problemas contextualizados e na aquisição de habilidades relacionadas, uma abordagem multidisciplinar não é considerada vantajosa para esse modelo.

A **interdisciplinaridade**, por sua vez, já pressupõe uma integração, conexão ou troca entre as disciplinas, preconizando um certo rompimento com a visão fragmentadora e simplificadora que pode resultar de abordagens multidisciplinares. Nesse caso, há a formação de uma rede de colaboração na qual os conteúdos, processos e habilidades referentes a uma disciplina auxiliam em outra, com o objetivo de contribuir para a descoberta, análise e resolução de problemas reais (Kolling, 2017; Hammer, & Söderqvist, 2001). Na prática escolar, uma abordagem interdisciplinar exige colaboração entre os docentes, com base em suas respectivas áreas do conhecimento, para a formulação e desenvolvimento da proposta, que deve se concretizar no contexto das várias disciplinas envolvidas (Morin, 2011). Cabe ressaltar, no entanto, que apesar da maior integração, na interdisciplinaridade, os espaços disciplinares não deixam de existir, conforme fica claro nos próprios Parâmetros Curriculares Nacionais da Educação Brasileira:

Na perspectiva escolar, a interdisciplinaridade não tem a pretensão de criar novas disciplinas ou saberes, mas de utilizar os conhecimentos de várias disciplinas para resolver um problema concreto ou compreender um fenômeno sob diferentes pontos de vista. Em suma, a interdisciplinaridade tem uma função instrumental. Trata-se de recorrer a um saber útil e utilizável para responder às questões e aos problemas sociais contemporâneos. (Brasil, 2002, p. 34-36)

A questão da compartimentalização das disciplinas, independentemente do seu nível de integração, é o principal ponto que distingue a **transdisciplinaridade** em relação às demais abordagens. Uma abordagem transdisciplinar envolve não somente múltiplas disciplinas, mas também a exploração de suas áreas de interseção, visando a criação de novas perspectivas de conhecimento com base na extrapolação das barreiras que compartimentalizam os saberes (Gibbs, 2015). É, conforme definem Rocha Filho, Basso e Borges (2007, p. 21), “uma abordagem científica que visa à unidade do conhecimento. Dessa forma, procura estimular uma nova compreensão da realidade, articulando elementos que passam entre, além e através das disciplinas, numa busca de compreensão da complexidade”.

Dessa forma, é possível dizer que a transdisciplinaridade trata de uma busca por axiomas – princípios gerais e/ou valores – comuns entre as diferentes áreas do conhecimento (Kolling, 2017). Nesse caso, não faz mais sentido falar em disciplinas ou em conteúdos específicos, mas sim em questões globais norteadoras, as quais englobem propósitos - sociais, ambientais, econômicos, enfim, humanos - de relevância para a comunidade. Desta forma, uma abordagem transdisciplinar preocupa-se mais com o problema ou questão do que com um conteúdo ou disciplina específico (Quigley, Herro & Jamil, 2017).

Para que haja o trabalho transdisciplinar, precisamos desenvolver temas globais, sendo que é necessário observar algumas categorias sugeridas. Um exemplo seria aprender a respeitar e cuidar do Planeta. Não podemos só falar em Geografia, Física, História ou Matemática. Estamos falando de tudo: o que a Física contribui, o que a Geografia contribui, o que a História e a Matemática contribuem para o entendimento



do assunto. Todas elas oferecem valores comuns a aprender a respeitar e cuidar do Planeta. (Kolling, 2017, p. 27).

Ao atender a esses pressupostos, a prática transdisciplinar dialoga diretamente com os objetivos da educação STEAM, sendo seu objetivo, portanto, um ensino transdisciplinar. No entanto, Quigley, Herro e Jamil (2017) reconhecem a dificuldade de se atender a este tipo de abordagem. Esta dificuldade pode ser fruto do próprio processo de formação dos docentes, o qual ainda inclui abordagens essencialmente disciplinares (Carneiro *et al.*, 2018; Pietrocola, Filho, & Pinheiro, 2016). Assim, segundo o modelo conceitual para uma educação STEAM, uma abordagem transdisciplinar é idealmente encorajada, porém, utilizar qualquer nível de integração disciplinar constitui uma oportunidade para se empregar diferentes conteúdos, processos e habilidades para a resolução da situação problema (Quigley, Herro & Jamil, 2017).

### **c. Habilidades relacionadas à resolução de problemas**

A última dimensão relacionada ao desenvolvimento de práticas pedagógicas STEAM refere-se às habilidades consideradas cruciais para a resolução de problemas. Em outras palavras, a educação STEAM pretende contribuir para desenvolver uma série de habilidades investigativas nos estudantes por meio da oportunidade de engajamento em práticas de aprendizagem que atendam aos demais critérios explicitados no modelo (isto é, situação problema e integração disciplinar). Assim, em última análise, o professor deve planejar e propor práticas que propiciem o desenvolvimento dessas habilidades.

Nesse contexto, destacam-se três tipos de habilidades: as cognitivas, as interacionais e as criativas. As habilidades cognitivas incluem a observação, classificação, aplicação, questionamento, experimentação, abstração, análise e reflexão. A literatura aponta que alunos que engajam em situações de resolução de problemas que demandam a utilização de habilidades cognitivas parecem apresentar maior facilidade na transferência e aplicação de conhecimentos adquiridos para outras situações (Hmelo-Silver, 2004). Além disso, o desenvolvimento das habilidades cognitivas parece facilitar a apropriação do conhecimento de múltiplas áreas, favorecendo o aprendizado em abordagens transdisciplinares (Biggs, 1999) – demonstrando-se compatíveis, portanto, com os preceitos da educação STEAM.

As habilidades interacionais, por sua vez, dizem respeito à comunicação e à colaboração. Comunicação inclui as habilidades de discussão, explicação, argumentação, comunicação, apresentação e disseminação de evidências. Estudantes capazes de se comunicar de forma múltipla e eficaz, além de apresentarem uma retenção mais longa do conteúdo comunicado, demonstram-se capazes de aplicar seu conhecimento em novos cenários (Rivet & Krajcik, 2008). Já a colaboração diz respeito às formas em que os estudantes interagem entre si, conectando saberes, experiências e evidências. Estudantes com habilidades de colaboração demonstram maior confiança, autoestima e efetividade na resolução de conflitos (Gillies, 2007).

Por fim, as habilidades criativas incluem projetar, padronizar, performar, modelar e conectar ideias. Práticas pedagógicas que incluam e valorizem a criatividade contribuem para inovação, criação de ideias, produtos e soluções (Kim & Park, 2012a). Assim, a educação STEAM deve sempre considerar as habilidades criativas, uma vez que elas proporcionam uma oportunidade para que os aprendizes atinjam os objetivos de aprendizagem por múltiplos caminhos e variadas formas – uma característica condizente, inclusive, com a natureza das situações problema associadas, as quais são propositalmente mal estruturadas para permitir a aplicação e/ou desenvolvimento de numerosas possibilidades de abordagem e de resolução.

## **III. METODOLOGIA:**

Valendo-se dos pressupostos até aqui assumidos nas seções de “Introdução” e “Fundamentação Teórica”, apresentaremos o desenvolvimento de uma atividade alinhada aos moldes da educação STEAM e direcionada ao ensino do tema “sistema digestório” no contexto do Ensino Superior. Iniciamos esse processo elencando os objetivos de



aprendizagem que pretendemos atingir com sua realização: a compreensão acerca de aspectos fisiológicos e anatômicos dos processos de digestão e absorção de nutrientes.

Tais objetivos estão estruturados em função do público-alvo da atividade, isto é, alunos do ensino superior em áreas biomédicas. Desta forma, os objetivos dialogam diretamente com o conteúdo curricular dos cursos contemplados. É importante destacar, no entanto, que esperamos que o aprendizado dos alunos abranja mais do que os conteúdos curriculares, refletindo-se também em suas habilidades gerais de solução de problemas, conforme preconiza o modelo STEAM (Quigley, Herro & Jamil, 2017).

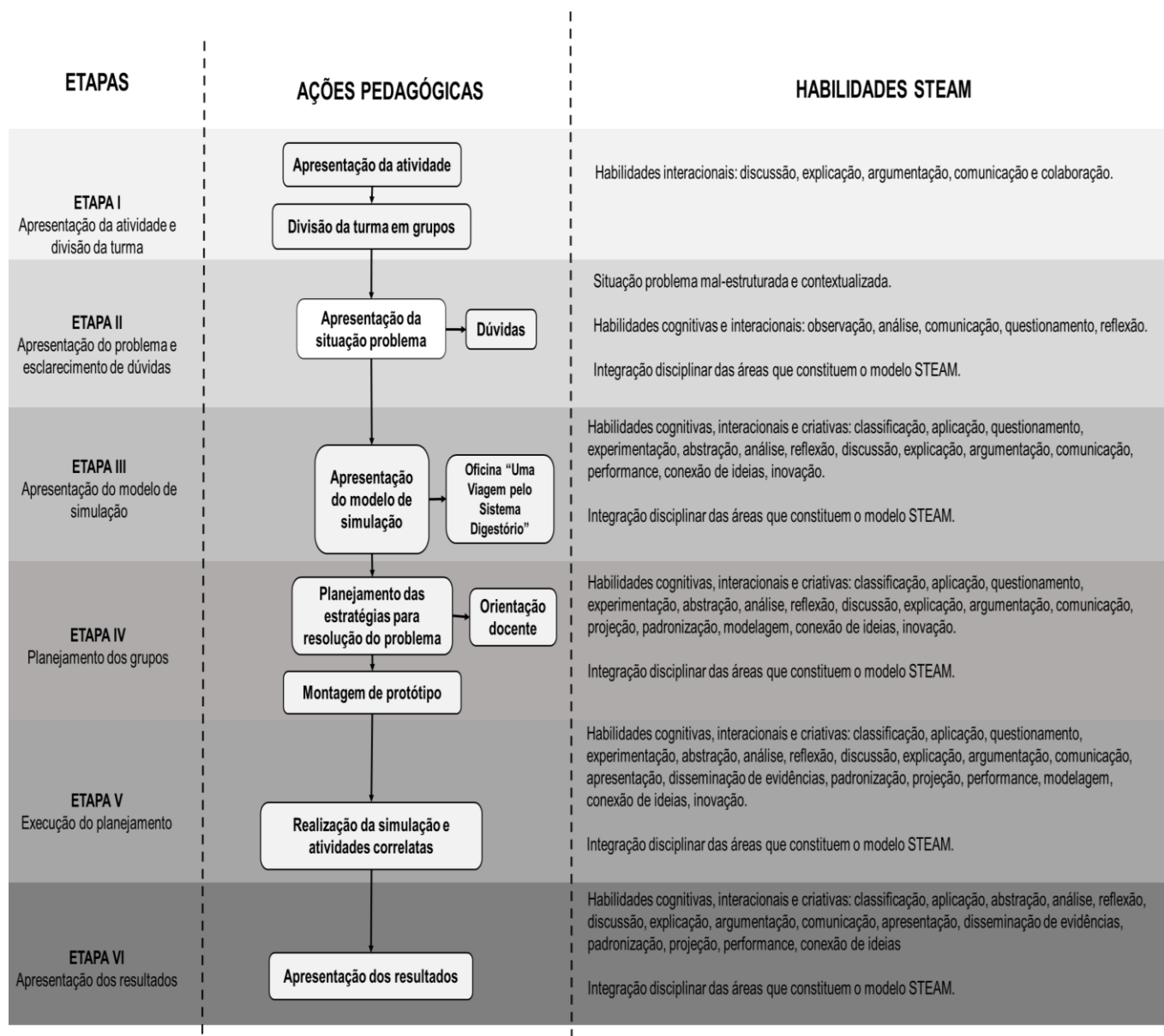
Ademais, no que diz respeito à escolha desse público alvo, cabem algumas considerações. Justificamos esse direcionamento com base nos trabalhos que vem sendo desenvolvidos pelo nosso grupo de pesquisa, os quais buscam aprimoramento dos processos de ensino e aprendizagem de fisiologia digestória no contexto deste nível de ensino, com a obtenção de resultados relevantes (Mattos Feijó, Andrade & Coutinho-silva, 2020; Feijó, 2019).

Além disso, ressaltamos que o modelo de educação STEAM fundamenta-se na metodologia da Aprendizagem Baseada em Problemas para a proposição de situações problema. Essa metodologia tem sido amplamente utilizada no ensino superior, com destaque para a área biomédica (Silva & Souza, 2020; Ruiz-Gallardo, González-Geraldo, & Castaño, 2016). Assim, julgamos que o desenvolvimento da proposta de atividade de ensino com base no modelo de educação STEAM apresentada por este trabalho relacione ambas as experiências desenvolvidas nesse contexto particular de ensino: a utilização da atividade como um recurso-didático-pedagógico para o ensino de fisiologia digestória e a aplicação de uma metodologia que já se constitui como uma prática em curso no nível superior.

Ressaltamos, contudo, que isso não deve limitar a aplicação da atividade aqui desenvolvida em outros níveis de ensino. Conforme mostram trabalhos anteriores, uma determinada proposta de atividade de ensino pode também ser adaptada para aplicação em níveis da Educação Básica (Feijó, 2019; Feijó, Andrade & Coutinho-Silva, 2018). Dessa forma, esperamos que as proposições aqui apresentadas sirvam de inspiração para futuras práticas pedagógicas em múltiplos níveis de ensino.

### **III.2. Estrutura da atividade e seu alinhamento ao modelo conceitual STEAM**

A atividade desenvolvida está estruturada em seis etapas, as quais devem dispor de um período mínimo de duas e, idealmente, três aulas, havendo, entre elas, um espaço de tempo compatível com o planejamento e a execução dos passos que a compõem. Salientamos, ainda, que caso não haja disponibilidade de três dias para a realização da atividade, pode haver encurtamento do primeiro ou segundo dias, sendo admitida a realização assíncrona de algumas etapas, valendo-se de comunicação por meio de recursos digitais como ambientes virtuais de aprendizagem, recursos de videoconferência ou redes sociais. A Figura 1 resume as etapas de realização da atividade, bem como as aulas em que as mesmas deverão ser realizadas.



**Figura 1.** Resumo das etapas que compõe a atividade, bem como elementos que ajustam para o alinhamento sob a perspectiva do modelo STEAM

**a. Primeiro encontro: etapas I, II, III e IV:**

A primeira aula compreende as etapas I, II, III e IV. A etapa I compreende a apresentação da atividade, bem como a divisão da turma em grupos. A atividade deverá ser realizada em pequenos grupos visando estimular a participação de todos os alunos. Assim, pretendemos colaborar para o desenvolvimento de habilidades interacionais de solução de problemas, sobretudo de comunicação e colaboração, conforme preconiza o modelo conceitual que embasa a atividade (Quigley, Herro & Jamil, 2017). Destacamos que esta etapa pode ser realizada de modo assíncrono, caso haja pouca disponibilidade de tempo.

A etapa II, por sua vez, diz respeito à apresentação do problema e ao esclarecimento de dúvidas relacionadas. Assim como a etapa I, também há a possibilidade de execução assíncrona a fim de poupar o tempo de aula para as demais etapas. Destacamos que, conforme preconiza o modelo educacional STEAM, o problema utilizado deve ser mal estruturado, contextualizado e pensado de maneira a envolver algum nível de integração disciplinar, requerendo, para

sua solução, a contribuição das áreas contempladas no acrônimo, além de possibilitar o desenvolvimento de habilidades à nível cognitivo, colaborativo e criativo (Quigley, Herro & Jamil, 2017). Tendo por base esses pressupostos, apresentamos a proposição do seguinte problema:

A alimentação é uma das atividades mais frequentes e mais prazerosas que realizamos em nosso dia-a-dia. Comemos para obter os nutrientes, presentes nos alimentos, que representam tanto a matéria prima para a composição do nosso corpo, quanto a fonte de energia para todas as nossas atividades diárias. Assim, a nutrição é um aspecto muito importante para o nosso crescimento, desenvolvimento, reprodução, saúde e bem estar geral.

O SD representa um conjunto de órgãos e estruturas que possuem atuação chave na nossa nutrição, na medida em que propicia os processos de digestão e absorção de nutrientes dos alimentos. Desta forma, é importante considerar os muitos fatores que podem influenciar a ação desse sistema, como o mau funcionamento dos órgãos em decorrência de alguma doença ou anomalia, bem como possíveis intervenções médicas, como a cirurgia bariátrica.

Considere que você, como profissional de saúde, foi designado para trabalhar em uma unidade de saúde da família que desenvolve um trabalho com pacientes obesos, objetivando a melhoria de sua qualidade de vida com base na adoção de hábitos saudáveis. Durante o primeiro encontro, em conversa com os pacientes, você descobre que muitos deles consideram ou já consideraram soluções mais invasivas ou imediatistas, como a cirurgia bariátrica. Além disso, muitos também apresentam histórico de doenças ou anomalias relacionadas ao SD.

Sua tarefa, então, é determinar quais os possíveis desdobramentos de uma cirurgia bariátrica nesses indivíduos, considerando-se suas diferentes condições clínicas prévias e outras que você julgue pertinentes em casos de obesidade.

Para isso, você e sua equipe deverão partir de um modelo que simula aspectos fisiológicos relacionados aos processos de digestão e absorção de nutrientes e água para analisar os eventos que ocorrem em cada etapa da simulação, utilizando essas informações para resolução do problema proposto. Esse modelo, no entanto, deverá ser utilizado como ponto de partida, de modo que uma série de alterações deverão ser realizadas para adequá-lo aos objetivos da sua equipe. Dentre as alterações, encontram-se:

- Propor novos materiais de fácil acesso e baixo custo para a simulação dos órgãos e estruturas do SD, os quais sejam adequados aos aspectos fisiológicos e anatômicos trabalhados dentro do quadro clínico estudado;
- Produzir uma representação gráfica da anatomia do SD para localização dos órgãos, estruturas e processos simulados. Essa representação gráfica pode ser feita de maneira manual ou digital;
- Confeccionar um relatório da atividade em formato digital, utilizando-se de vídeos e narrativas.

Para realizar estimativa dos impactos do quadro clínico do paciente para os processos de digestão e absorção de nutrientes e água, vocês deverão, valendo-se da simulação: determinar os principais locais de digestão e de absorção de água e nutrientes no SD; reunir evidências para analisar e comparar os processos absorptivos que ocorrem nos dois tipos de intestinos que constituem o SD; apresentar uma representação gráfica matemática das evidências reunidas.

Por fim, vocês deverão elaborar apresentação informativa para os seus pacientes (clientes), sobre as principais observações e considerações relevantes relacionadas ao SD, a compreensão de seu funcionamento e a relação destes tópicos com o quadro clínico exibido. Não esqueça de considerar também

o impacto psicológico dessas informações sobre o paciente. Lembre-se, ainda, que se trata de um público essencialmente leigo, de modo que ferramentas de visualização e outras produções criativas que expressem sua perspectiva são encorajadas.

Concomitante à apresentação do problema, o docente deve realizar a divisão de casos clínicos particulares para os diferentes grupos. Assim, cada grupo ficará responsável por um paciente com quadro clínico diferente, que deverá ser definido previamente pelo professor. Como exemplos, é possível designar pacientes portadores da doença de Chron (enfermidade inflamatória crônica que pode afetar todo o SD e, especialmente, os intestinos) ou que tenham sido submetidos a colecistectomia (retirada da vesícula biliar).

No que diz respeito a situação problema em si, é importante destacar alguns aspectos que a tornam adequada ao modelo educacional STEAM (Quigley, Herro & Jamil, 2017). Primeiramente, o problema utilizado é apresentado de maneira contextualizada e ancorado à realidade profissional dos alunos, já que muitos cursos da área biomédica possuem saídas profissionais para a atuação no sistema de saúde, como a atuação em postos de atendimento de saúde da família. A problemática apresentada pode, ainda, encontrar ressonância à nível pessoal, já que o tema usado como mote do problema abrange grande parte da população brasileira. Destacamos, ainda, que o tema “obesidade” pode ser trocado por outros que se adequem ao perfil do grupo com o qual se irá trabalhar, não sendo limitante à realização da atividade.

Em segundo lugar, compreendemos o problema como mal estruturado, na medida em que alguns aspectos relacionados a sua execução não se encontram definidos e que não há uma única resposta correta – isto é, os diferentes grupos de alunos não necessariamente chegarão às mesmas respostas, utilizando-se das mesmas metodologias e ferramentas (Chin & Chia, 2006; Hmelo-Silver, 2004). Compreendemos, ainda, que ao utilizar diferentes quadros clínicos, estaremos contribuindo para reforçar o caráter mal estruturado do problema. Em outras palavras embora partam de situações-problema semelhantes e tenham que resolvê-la segundo os mesmos princípios, na prática, os conhecimentos envolvidos, estratégias utilizadas e soluções encontradas pelos alunos tornam-se diversas, já que as consideram particularidades dos quadros clínicos analisados.

A etapa III, por sua vez, contemplará a apresentação de um modelo de simulação. O referido modelo diz respeito a uma oficina intitulada “Uma Viagem pelo Sistema Digestório”. Trata-se de uma atividade prática que visa promover a simulação dos processos desempenhados pelo SD, sobretudo no que diz respeito à digestão e absorção de nutrientes e água. A oficina é estruturada em cinco estágios diferentes: um diálogo inicial e a simulação dos fenômenos associados a quatro compartimentos digestivos (boca, estômago, intestino delgado e intestino grosso).

Nesse ponto, é importante justificar a escolha pelo uso da oficina, que se fundamenta em dois pontos. O primeiro ponto diz respeito às características da própria oficina, que apresentam alguns pontos de alinhamento com o domínio instrucional do modelo conceitual STEAM (Quigley, Herro & Jamil, 2017). O resumo dessas características encontra-se no Quadro I. O segundo ponto refere-se à possibilidade de oferecer aos professores interessados em aprimorar o seu fazer docente um exemplo de como (re)estruturar práticas já utilizadas em sala de aula, adequando-as e/ou fundamentando-as a um determinado referencial metodológico. Acreditamos que a ilustração de casos reais possa servir de inspiração para que esses profissionais busquem, cada vez mais, novas maneiras de ensinar e, sobretudo, de aprender.

**Quadro I.** Resumo das características da oficina “Uma Viagem pelo Sistema Digestório” que se alinham ao modelo educacional STEAM.

| <b>Dimensões do domínio instrucional do modelo de educação STEAM</b> | <b>Características da oficina “Uma Viagem pelo Sistema Digestório”</b>  |
|--|---|
| Apresentação do conteúdo na forma de situação problema               | A simulação é apresentada como um problema a ser solucionado  |
| Integração entre disciplinas   | Possibilidade de abordar múltiplos conteúdos (fisiologia e anatomia do SD, questões de saúde humana, intervenções tecnológicas, etc.) |

|   |  |
|---|--|
| Habilidades relacionadas à resolução de problemas | Caráter interativo da oficina proporciona o desenvolvimento de habilidades relacionadas a solução de problemas (comunicação, colaboração, observação, aplicação, questionamento, experimentação, abstração, performance, etc.) |
|---|--|

Nota: para maiores esclarecimento sobre as características da oficina, sugerimos consultar Mattos Feijó, Andrade & Coutinho-Silva, 2020; Feijó, 2019.

A realização da oficina deve seguir o protocolo original (Mattos Feijó, Andrade & Coutinho-Silva, 2020; Feijó, 2019) e deverá servir tanto para consolidar e/ou reforçar, como para avaliar o conhecimento científico sobre o SD, quanto para situar e inspirar os alunos em relação ao tipo de simulação que se espera da atividade. Durante a oficina, os alunos devem ser encorajados a pensarem sobre possíveis caminhos para atender às demandas da situação problema a ser resolvida, refletindo sobre: os conteúdos que deverão aprender e/ou se aprofundar; a montagem de sua própria simulação; a produção da representação gráfica sobre a anatomia do SD; os parâmetros a serem medidos e estimativas a serem realizadas durante a simulação; a confecção do relatório e da apresentação dos resultados. Assim, acreditamos que esse momento contribua para o desenvolvimento das diversas habilidades de solução de problema, sobretudo cognitivas – por meio da observação, questionamento, experimentação, análise e reflexão – e interacionais – por meio da comunicação e colaboração (Quigley, Herro & Jamil, 2017).

A quarta e última etapa do primeiro encontro refere-se ao planejamento das estratégias para a resolução do problema. Aqui, os grupos devem se reunir para planejarem os detalhes referentes à execução da proposta, com a resolução da situação problema proposta. Trata-se, portanto, dos pontos sobre os quais os estudantes terão refletido durante a etapa III. Uma vez discutidas as estratégias e definida a linha de atuação, é importante que os estudantes sistematizem suas decisões por meio da elaboração de um protótipo. O protótipo funciona como um modelo teórico ou um plano de trabalho que deverá ser realizado por eles na etapa seguinte, isto é, na etapa de simulação. Neste documento, que pode ser um desenho, um esquema, um organograma, dentre outras opções, devem estar especificados os detalhes da simulação - como os materiais e recursos a serem utilizados, a estruturação e articulação dos mesmos entre si e com o SD, dentre outros pontos. Julgamos que a montagem do protótipo é um ponto crucial para a organização e execução da etapa V da atividade.

Destacamos, ainda, que esse quarto momento também pode ocorrer de maneira assíncrona, conforme a disponibilidade de tempo para execução em sala de aula. O importante, contudo, é que o professor tenha acesso às discussões e reflexões dos estudantes, de modo a orientá-los para a execução da tarefa, caso seja necessário. Nesta etapa, mais uma vez, destacamos a contribuição para o desenvolvimento das habilidades de solução de problema em todas as suas esferas, já que o planejamento demanda grande empenho cognitivo, interacional e criativo dos estudantes, além da integração disciplinar (Quigley, Herro & Jamil, 2017).

#### **b. Segundo encontro: etapa V**

O segundo dia de aula deve ser utilizado pelos alunos para realização da etapa V, na qual haverá a execução da nova simulação dos processos de digestão e absorção de nutrientes, bem como a coleta de dados que permitam a resolução do problema proposto. Destacamos que, neste momento, a simulação já deverá estar adaptada com novos materiais, a representação gráfica deverá estar presente ou em desenvolvimento e as estimativas relacionadas ao impacto do quadro do paciente, bem como as demais evidências solicitadas, deverão ser obtidas. Assim, trata-se de uma das etapas mais importantes do trabalho, na qual serão contemplados os três domínios do modelo conceitual STEAM, na medida em que haverá a resolução do problema apresentado a partir da integração disciplinar, proporcionando o desenvolvimento de diversas habilidades de solução de problemas (Quigley, Herro & Jamil, 2017).

É importante, ainda, destacar alguns aspectos relativos à esta quinta etapa. O primeiro deles diz respeito ao papel do professor. Idealmente, a simulação de cada grupo deverá ser feita de modo individual, com o acompanhamento contínuo do docente, que deverá exercer o já discutido papel de mediador. Não caberá a ele orientar as respostas, mas sim discutir as potencialidades e limitações das ideias trazidas pelos alunos para a resolução do problema, além de fornecer suporte do ponto de vista do conhecimento científico.

O outro ponto a ser considerado refere-se à disponibilidade de recursos materiais para a execução da simulação e das demais etapas. Sugere-se o uso de materiais de baixo custo que possam ser adquiridos pela instituição e/ou pelos alunos. No entanto, em casos mais extremos, é possível que a adequação dos materiais ocorra apenas a um nível teórico, como proposição dos alunos, sem que sua execução seja de fato consumada. Nesse caso, os alunos podem tanto utilizar a oficina em seu formato original, quanto propor outras maneiras (inclusive com uso de modelos digitais ou matemáticos) para realizar a medição dos parâmetros e estimativas solicitadas.

Caso a opção escolhida seja a utilização da oficina em seu formato original, é interessante que o professor realize algumas adequações, de modo a manter o alinhamento com o modelo conceitual STEAM. Sugerimos, deste modo, bastante atenção à etapa III, durante a qual a oficina seria apresentada como um modelo, uma inspiração. Nesse caso, destacamos que sua realização deve garantir maior autonomia aos alunos, sobretudo no que diz respeito à escolha dos materiais utilizados para representação dos órgãos e estruturas do SD. Os materiais da oficina deverão ser disponibilizados aos participantes sem identificação. Assim, serão eles os responsáveis por escolher como utilizá-los, relacionando-os com seus respectivos alvos, a fim de performar a simulação, ainda na etapa III. Nas etapas seguintes, seu papel seria planejar (etapa IV) e executar ou propor à nível teórico (etapa V) modificações na estrutura da oficina. Ressaltamos que tais modificações podem ser, inclusive, artísticas, como a decoração de objetos a fim de aproximá-los esteticamente da representação anatômica, por exemplo. Acreditamos que com essas estratégias seja possível manter presentes as três dimensões do modelo STEAM que deveriam ser contempladas nesta etapa: solução da situação problema, integração disciplinar e desenvolvimento de habilidades de resolução do problema.

### **c. Terceiro encontro: etapa VI**

Por fim, a terceira e última aula inclui a sexta etapa, na qual ocorrerá a apresentação dos resultados de cada grupo para seus respectivos pacientes. A apresentação poderá ser feita no formato de escolha dos alunos, considerando-se os recursos disponíveis, bem como suas habilidades e interesses. Destaca-se que a elaboração da apresentação deverá ser realizada pelo grupo em um momento extraclasse, sendo este dia reservado para a apresentação, de fato.

Neste momento, é esperado que os alunos apresentem o posicionamento do grupo em relação ao problema proposto. Em outras palavras, eles deverão apresentar uma recomendação com um posicionamento contra ou a favor da cirurgia, considerando-se o caso clínico dos pacientes, apresentando os argumentos que embasem suas decisões. Tais argumentos, conforme previamente elucidado, serão obtidos ao longo das etapas anteriores, com base nas pesquisas e na simulação realizadas pelos alunos. Esperamos também que, nesta etapa, os alunos estabeleçam relações com outros aspectos abarcados pela situação problema, tais como aspectos psicológicos, sociais, econômicos, políticos e culturais, a fim de demonstrarem compreensão sobre a complexidade do problema.

Quando aos domínios do modelo STEAM contemplados nesta etapa, destacamos o desenvolvimento de habilidades cognitivas, interacionais e criativas, uma vez que a conclusão do problema, a elaboração da síntese dos resultados e sua apresentação envolvem as capacidades de observação, classificação, aplicação, abstração, análise, reflexão, comunicação, colaboração, projeção, performance, conexão de ideias, etc. Ademais, destacamos, mais uma vez, o aspecto da integração de conhecimentos de diversas áreas (Quigley, Herro & Jamil, 2017).

Elucidadas as etapas de realização da atividade, cabe ainda nos aprofundarmos um pouco mais no alinhamento da proposta com os domínios da situação problema e integração disciplinar que embasam o modelo conceitual utilizado. Conforme preconiza tal modelo, na educação STEAM, a resolução da situação problema deve demandar a utilização do conhecimento oriundo de diversas áreas (Quigley, Herro & Jamil, 2017). No caso do problema proposto,



especificamente, acreditamos que a integração ocorra a um nível transdisciplinar, na medida em que o foco dos processos de ensino e aprendizagem não se encontram ancorados a conteúdos específicos, mas sim a uma questão norteadora de relevância, não só para o público alvo, mas para a comunidade de maneira geral (Kolling, 2017; Quigley, Herro & Jamil, 2017). É importante observar, ainda, que a integração disciplinar se configura como uma ferramenta essencial para a resolução do problema e pleno desenvolvimento da proposta em si – e não de maneira acessória, conforme observado em contextos de problemas estruturados ou com foco na disciplina (Quigley, Herro & Jamil, 2017).

Diante disso, destacamos alguns exemplos de áreas do conhecimento e conteúdos que podem estar envolvidos na resolução da situação problema proposta nesta atividade, tendo em vista as áreas contempladas no acrônimo do modelo educacional STEAM. A descrição do alinhamento das áreas STEAM com as demandas da atividade aqui desenvolvida foi baseada no trabalho desenvolvido por Marina e Yoval (2019).

- 1) **Ciência:** presente no raciocínio científico, que envolve pesquisar e aplicar determinados conhecimentos científicos para compreender as principais consequências do quadro clínico apresentado e da intervenção proposta (cirurgia bariátrica) sobre o organismo dos pacientes. São evidências da contribuição dessa área: a apresentação de informações sobre anatomia e fisiologia do SD, bem como sobre as condições clínicas dos pacientes e a intervenção cirúrgica a ser performada.
- 2) **Engenharia:** é importante esclarecer, antes de tudo, o que compreendemos por engenharia dentro do modelo educacional STEAM. A engenharia abrange os aspectos que dizem respeito ao planejamento, delineamento ou desenho da proposta de solução do problema (Alianza para la promoción de STEM, 2019). Na atividade, este elemento encontra sua expressão mais clara no planejamento e na elaboração do protótipo, uma vez que esta tarefa envolve pensar sobre o problema e sistematizar a linha de ação escolhida pelo grupo para sua resolução. Assim, desenhar uma nova simulação, escolher materiais adequados à representação dos órgãos e estruturas do SD dentro do contexto do quadro clínico analisado e definir como todas essas informações possibilitarão a coleta de dados ou evidências necessárias à resolução do problema referem-se a exemplos de inserção da engenharia na atividade proposta. Desta forma, é possível perceber também que a engenharia agrega o elemento de inovação à proposta, na medida em que não só permite, mas estimula, a busca por soluções criativas, inéditas e adequadas ao contexto. Ademais, destacamos que a engenharia também se faz presente na compreensão acerca do modelo de simulação (isto é, a oficina), bem como da intervenção cirúrgica a ser realizada. Ainda que esses dois pontos não sejam fruto do planejamento dos alunos, compreender o funcionamento de ambos e suas implicações para o problema em análise também envolve aspectos dessa área do conhecimento.
- 3) **Tecnologia:** a inserção da tecnologia diz respeito às ações empregadas na materialização da solução do problema. Em outras palavras, trata-se da concretização do protótipo, incluindo-se o manejo de materiais e sua articulação para a geração de um produto, um recurso, que auxiliará na solução da situação apresentada. Nesse ponto, é importante destacar que a presença de tecnologia pode envolver ou não a utilização de recursos digitais. Assim, sua aplicação ocorre quando o aluno utiliza recursos materiais diversos, sejam eles digitais ou não, para resolver algum problema proposto (Alianza para la promoción de STEM, 2019). Cumpre ressaltar, ainda, a forte relação deste item com a engenharia, já que em ambos há um forte caráter de inovação – na engenharia, à nível teórico e na tecnologia, à nível prático. No caso da atividade, a tecnologia se faz presente sobretudo na concretização do protótipo e elaboração da simulação, empregando-se, para isso, recursos materiais e digitais diversos. A tecnologia também pode estar presente na elaboração dos relatórios e na montagem do material para apresentação do resultado aos pacientes.
- 4) **Matemática:** conhecimentos matemáticos podem ser empregados para determinar os impactos da cirurgia sobre a absorção de nutrientes e água nos diversos compartimentos do SD. Por exemplo, os estudantes podem

estimar quantitativamente a redução do volume estomacal proporcionado pela cirurgia e o reflexo na digestão; podem investigar se há diferença de absorção de nutrientes e água nos dois intestinos, por meio de estimativas e cálculos, considerando-se o quadro clínico e a intervenção cirúrgica; é possível também estimar os efeitos da intervenção para o peso dos pacientes; por fim, o emprego da matemática também pode abranger a exploração de dados estatísticos relacionados à prevalência da obesidade ou das condições clínicas prévias na população.

- 5) **Artes:** as artes podem ser empregadas na comunicação oral, bem como nos detalhes estéticos relacionados à proposição de novos materiais para a realização da simulação; à produção de materiais gráficos para representar a anatomia do SD; e às apresentações dos resultados obtidos.

Por fim, apresentamos o Quadro II, onde estão resumidas as características da atividade proposta e seu alinhamento com as dimensões do domínio instrucional do modelo conceitual STEAM utilizado neste trabalho.

**Quadro II.** Resumo das características da atividade e seu alinhamento em relação ao modelo conceitual STEAM de Quigley, Herro e Jamil (2017)

| Dimensões do domínio instrucional do modelo de educação STEAM | Etapas da atividade que contemplam as referidas dimensões  |
|---|--|
| Apresentação do conteúdo na forma de situação problema        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• O problema formulado é mal estruturado e contextualizado (etapa II).</li> <li>• Há a resolução do problema em si (etapa V).</li> </ul>  |
| Integração entre disciplinas                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentação do modelo de simulação (etapa III)</li> <li>• Planejamento das estratégias de resolução do problema (etapa IV)</li> <li>• Realização da simulação e atividades correlatas (etapa V)</li> <li>• Elaboração e apresentação dos resultados (etapa VI).</li> </ul>   |
| Habilidades relacionadas à resolução de problemas             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realização da atividade em grupos pequenos (etapa I).</li> <li>• Apresentação do modelo de simulação (etapa III)</li> <li>• Planejamento das estratégias de resolução do problema (etapa IV)</li> <li>• Realização da simulação e atividades correlatas (etapa V)</li> <li>• Elaboração e apresentação dos resultados (etapa VI)</li> </ul> |

#### IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensino de ciências capaz de atender às demandas da atualidade passa pela formação de sujeitos autônomos e críticos. Uma das formas de propiciar um ensino e uma aprendizagem que se alinhem a tais necessidades refere-se ao uso de metodologias ativas. O presente trabalho teve como objetivo apresentar o desenvolvimento de uma atividade alinhada a uma dessas metodologias - a saber, o modelo de educação STEAM.

A proposição da atividade foi baseada no modelo de Quigley, Herro e Jamil (2017), o qual se propõe a favorecer a compreensão e a implementação coerente e efetiva de práticas pedagógicas de educação STEAM. O referido modelo compreende dois domínios - o instrucional e o de contexto de aprendizado - subdivididos em três dimensões cada. Como o presente trabalho tratou da proposição de uma atividade à nível teórico, sem abarcar aspectos de sua execução, o foco da elaboração recaiu sobre o domínio instrucional, que trata justamente do planejamento da prática pedagógica e envolve pensar a organização, a preparação e a apresentação do conteúdo de interesse aos estudantes.

Desta forma, a atividade foi estruturada tendo por base os principais aspectos do domínio instrucional: a proposição de uma situação problema mal estruturada, a integração disciplinar e o desenvolvimento de habilidades de solução de problemas. Nesse contexto, utilizamos, ainda, um recurso didático-pedagógico já existente - uma oficina interativa para o ensino do tema "fisiologia da digestão". A opção pela utilização de um recurso já disponível justifica-se na medida em que a referida oficina já apresentava certas características que representavam potencialidades de alinhamento ao modelo educacional escolhido. A inserção de recursos pedagógicos já existentes permite, ainda, oferecer aos docentes um exemplo de como adequar recursos e práticas a metodologias e objetivos de aprendizagem específicos.

O detalhamento das etapas da atividade é feito tomando por base o modelo metodológico adequado, de modo que destacamos as contribuições da proposta em relação aos aspectos que compõem uma prática educacional STEAM. Ademais, ressaltamos também como as diferentes áreas contempladas no acrônimo encontram-se inseridas nos diferentes momentos da atividade. São oferecidas, ainda, propostas de adequação em termos de tempo, recursos e outras dificuldades. Assim, esperamos fornecer um exemplo metodologicamente fundamentado de uma prática docente baseada no modelo STEAM, passível de ser implementada e investigada em sala de aula.

Como perspectivas futuras, destacamos a possibilidade de alinhamento da proposta no que tange ao domínio de contexto de aprendizado, o qual se ocupa de aspectos relacionados à execução da prática pedagógica, como a estruturação do ambiente onde a mesma será desenvolvida, a avaliação de sua condução, além da participação e engajamento demonstrado pelos discentes. O alinhamento a esse domínio constitui ponto essencial para a concretização da proposta, resultando na implementação da prática pedagógica de modo coerente. Ademais, destacamos também a possibilidade de adequação da proposta aqui apresentada para outros contextos, como a Educação Básica ou o ensino remoto, realizando-se as adequações necessárias.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq 306839/2019-9 e Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro - FAPERJ E-26/202.774/2018.

## REFERÊNCIAS

ALIANZA PARA LA PROMOCIÓN DE STEM. (2019). *STEM vision for Mexico*. Disponível em: <https://movimientostem.org/investigacion/>. Acesso em 30 out. 2020.

BECKER, K., & PARK, K. (2011). *Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A preliminary meta-analysis*. *Journal of STEM Education: Innovations & Research*, 12, 23-37.

BIGGS, J. (1999). *What the student does: Teaching for enhanced learning*. *Higher Education Research & Development*, 18(1), 57-75.

BLACKLEY, S., & HOWELL, J. (2015). *A STEM narrative: 15 years in the making*. *Australian Journal of Teacher Education*, 40(7), 102-112.

BRASIL. (2002). *Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) - Ciências da Natureza e suas Tecnologias*. Brasília: MEC.

- BRASIL. (2018). *Ministério da Educação*. Secretaria de Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, SEB, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 08 out. 2020
- BYBEE, R. W. (2013). *Challenges and Opportunities: The Case for Education*. EUA: National Science Teachers Association.
- BYBEE, R. W. (2010). *Advancing STEM education: A 2020 vision*. *Technology and engineering teacher*, 70(1), 30–35.
- CACHAPUZ, A., GIL-PEREZ, D., CARVALHO, A. D., PRAIA, J., & VILCHES, A. (2005). *A necessária renovação do ensino das ciências*. São Paulo: Cortez.
- CARNEIRO, G.A., FERREIRA, C. R. C., PANSERA, F. C., & BEDUSCHI, R. S. (2018). *Uma análise do tema interdisciplinaridade nas principais revistas brasileiras de ensino de ciências*. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 13(1), 73-85.
- CONFERENCIA MUNDIAL SOBRE LA CIENCIA (1999). *La Ciencia para el siglo XXI — Un nuevo compromiso*. Budapest. UNESCO, Paris, 2000.
- COSTA, M. C. O. D. (2019). *Promover o desenvolvimento profissional de professores através da integração curricular das STEM*. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- FAZENDA, I.C.A. (2013). *Práticas interdisciplinares na escola*. Cortez. São Paulo: Brasil.
- FEIJÓ, L. M. (2019). *Uma viagem pelo sistema digestório: análise do uso de oficina como recurso didático-pedagógico para alunos do ensino superior*. Dissertação (Mestrado) - Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro. 251p.
- FEIJÓ, L. M., ANDRADE, V. A., COUTINHO-SILVA, R. (2018). *Aperfeiçoamento da oficina interativa “Uma viagem pelo sistema digestório” em prol dos processos de ensino e de aprendizagem do sistema digestório no contexto do Ensino Médio*. *Latin American Journal of Science Education*, 5(12015), 1-22.
- FEIJÓ L. M., ANDRADE V. A., COUTINHO-SILVA R. (2017). *Apresentação de oficina interativa Vygotskyana como possível recurso didático-pedagógico para complementar a negociação de significados e a reconstrução de conceitos sobre fisiologia digestória humana*. *Latin American Journal of Science Education*, v. 4, n. 22047.
- FERNANDES, R. C. A. (2015). *Inovações Pedagógicas no Ensino de Ciências dos Anos Iniciais: um estudo a partir de pesquisas acadêmicas brasileiras (1972-2012)*. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- GAMSE, B. C., MARTINEZ, A., & BOZZI, L. (2017). *Calling STEM experts: how can experts contribute to students' increased STEM engagement?*. *International Journal of Science Education*. 7(1), 31-59.
- GIBBS, P. (2015). *Transdisciplinarity as epistemology, ontology or principles of practical judgment*. In Paul Gibbs, Ed., *Transdisciplinary professional learning and practice* (pp. 151–164). New York: Springer International Publishing.
- HAMMER, M., & SÖDERQVIST, T. (2001). *Enhancing transdisciplinary dialogue in curricula development*. *Ecological Economics*, 38(1), 1–5.
- HERRINGTON, J., REEVES, T.C., & OLIVER, R. (2014). *Authentic learning environments*. In: Spector JM, Merrill MD, Elen J, Bishop MJ (eds) *Handbook of research on educational communications and technology*, 4th ed. Springer, New York, pp 401–412. doi:10.1007/978-1-4614-3185-5\_32.
- HERRO, D., & QUIGLEY, C. (2017). *Exploring teachers' perceptions of STEAM teaching through professional development: implications for teacher educators*. *Professional Development in Education*, 43(3), 416-438.

- HMELO-SILVER, C. E. (2004). *Problem-based learning: What and how do students learn?*. Educational psychology review, 16(3), 235-266.
- HOEG, D. G., & BENCZE, J. L. (2017). *Values underpinning STEM education in the USA: An analysis of the Next Generation Science Standards*. Science Education, 101(2), 278-301.
- JANSSEN, W., & GOLDSWORTHY, P. (1996). *Multidisciplinary research for natural resource management: Conceptual and practical implications*. Agricultural systems, 51(3), 259–279.
- KELLEY, T. R., & KNOWLES, J. G. (2016). *A conceptual framework for integrated STEM education*. International Journal of STEM Education, 3(1), 1-11.
- KHINE, M., & AREEPATTAMANNIL, S. (2019). *STEAM Education*. Cham: Springer.
- KIM, Y., & PARK, N. (2012a). *Development and application of STEAM teaching model based on the Rube Goldberg's invention*. In Computer science and its applications (pp. 693–698). The Netherlands: Springer.
- KIM, Y., & PARK, N. (2012). *The effect of STEAM education on elementary school student's creativity improvement*. In Computer applications for security, control and system engineering (pp. 115–121). Berlin Heidelberg: Springer.
- KOLLING, D. (2017). *Como a transdisciplinaridade se manifesta no ensino de ciências e matemática, na licenciatura em pedagogia EAD*. Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- KRASILCHIK, M.; MARANDINO, M. (2007). *Ensino de Ciências e Cidadania*. Moderna. São Paulo: Brasil.
- LASERA. Latin American Science Education Research Association. (2020). *Acerca de Nosotros*. Disponível em: <http://la-sera.org/>. Acesso em 30 out. 2020.
- LEE, H. S., & BUTLER, N. (2003). *Making authentic science accessible to students*. International Journal of Science Education, 25(8), 9232994.
- LORENZIN, M.P. (2019). *Sistemas de Atividade, tensões e transformações em movimento na construção de um currículo orientado pela abordagem STEAM*. Dissertação (Mestrado) – Programa Interunidades de Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- MAGRIN, S. F. F., & LUZ, M. P. (2018). *A pedagogia da aprendizagem no século xxi: competências e habilidades*. Jornada brasileira de educação e linguagem/encontro do PROFEDUC e PROFLETRAS / Jornada de educação de Mato Grosso do Sul. Anais da Jornada brasileira de educação e linguagem/encontro do PROFEDUC e PROFLETRAS / Jornada de educação de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, 06 a 08 de junho de 2018. Disponível em: <https://anaisonline.uems.br/index.php/jornadaeducacao/article/viewFile/4879/4906>
- Marina, S. H.; Yoval, P. G. (2019). *Huella ecológica y papel hecho a mano: dos actividades para una educación STEAM en un contexto de sustentabilidade*. Latin American Journal of Science Education, 6, 12045, 1-9.
- MATTOS FEIJÓ, L., ANDRADE, V. A. D., & COUTINHO-SILVA, R. (2020). *A journey through the digestive system: analysis of a practical activity's use as a didactic resource for undergraduate students*. Journal of Biological Education, 1-33. <https://doi.org/10.1080/00219266.2020.1791227>
- MERRITT, J., LEE, M. Y., RILLERO, P., & KINACH, B. M. (2017). *Problem-based learning in K–8 mathematics and science education: A literature review*. Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning, 11(2). Disponível em: <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1674>.
- MORIN, E. (2011). *Introdução ao Pensamento Complexo*. Porto Alegre: Sulina.



- NASCIMENTO, T. E., & COUTINHO, C. (2017). *Metodologias ativas de aprendizagem e o ensino de Ciências*. Multiciência Online, 2(3), 134-153.
- NATIONAL ACADEMIES PRESS. (2006). *Rising Above the Gathering Storm*. Washington, D.C.: National Academies Press. Disponível em: <https://goo.gl/qyGrv2> . Acesso em: 27 jul. 2020.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. (2003). *Literacy Skills for the World of Tomorrow: Further Results from PISA 2000*. OECD. Paris. Disponível em: <https://goo.gl/R1sD3B> . Acesso em: 20 jul. 2020.
- PALHARES, I.; FORMENTI, L.; AGOSTINI, R. (2018). *MEC usará IDH, nota de curso e área prioritária para conceder bolsas de pós*. *Jornal Estadão*. Brasília. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/agencia-estado/2019/08/18/mec-usara-idh-nota-de-curso-e-area-prioritaria-para-conceder-bolsas-de-pos.htm>. Acesso em 08 out. 2020.
- PIETROCOLA, M., FILHO, J. P. A, & PINHEIRO, T. F. (2016). *Prática interdisciplinar na formação disciplinar de professores de ciências*. *Investigações em ensino de ciências*, 8(2), 131-152.
- PIRES, M. F. D. C. (1998). *Multidisciplinaridade, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade no ensino*. *Interface-Comunicação, Saúde, Educação*, 2(2), 173-182.
- PUGLIESE, G. O. (2017). *Os modelos pedagógicos de ensino de ciências em dois programas educacionais baseados em STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics)*. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Campinas, SP. Disponível em: <http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/331557>. Acesso em: 27 jul. 2020.
- QUIGLEY, C. F., HERRO, D., & JAMIL, F. M. (2017). *Developing a conceptual model of STEAM teaching practices*. *School Science and Mathematics*, 117(1-2), 1-12.
- ROCHA FILHO, J. B.; BASSO, N. R. S.; BORGES, R. M. R. (2007). *Transdisciplinaridade: a natureza íntima da educação científica*. Porto Alegre: EDIPUCRS.
- RITZ, J. M., & FAN, S. C. (2015). *STEM and technology education: International state-of-the-art*. *International Journal of Technology and Design Education*, 25(4), 429-451.
- RIVET, A. E., & KRAJCIK, J. S. (2008). *Contextualizing instruction: Leveraging students' prior knowledge and experiences to foster understanding of middle school science*. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 79–100.
- RUIZ-GALLARDO, J. R., GONZÁLEZ-GERALDO, J. L., & CASTAÑO, S. (2016). What are our students doing? Workload, time allocation and time management in PBL instruction. A case study in Science Education. *Teaching and Teacher Education*, 53, 51-62.
- SANTOS, R., & CORREIA, M. (2019). *O impacto de uma abordagem interdisciplinar nas atitudes sobre STEM de futuros educadores e professores*. In A. J. Osório, M. J. Gomes, & A. L. Valente (Eds.), *Challenges 2019: Desafios da Inteligência Artificial, Artificial Intelligence Challenges* (1.ª ed., pp. 517-523). Braga, Portugal: Universidade do Minho. Centro de Competência.
- SON, Y., JUNG, S. I., KWON, S. K., KIM, H. W., & KIM, D. R. (2012). *Analysis of prospective and in-service teachers' awareness of STEAM convergent education*. *Institute for Humanities and Social Sciences*, 13(1), 255-284.
- SILVA, O. O. N., & SOUZA, G. A. (2020). *O uso da aprendizagem baseada em problemas em cursos de graduação do ensino superior: uma revisão sistemática*. *Revista Interfaces: Saúde, Humanas e Tecnologia*, 8(1), 472-481.



STOCK, P., & BURTON, R. J. (2011). *Defining terms for integrated (multi-intertrans-disciplinary) sustainability research*. *Sustainability*, 3(8), 1090–1113.

WICKSON, F., CAREW, A. L., & RUSSELL, A.W. (2006). *Transdisciplinary research: Characteristics, quandaries and quality*. *Futures*, 38(9), 1046–1059.

WONG, V., DILLON, J., & KING, H. (2016). *STEM in England: meanings and motivations in the policy arena*. *International Journal of Science Education*, 38(15), 2346-2366.

YACKMAN, G. (2008). “*STEAM education: An overview of creating a model of integrative education*,” presented at the Pupils’ Attitudes Toward Technology (PATT-19) Conference: Research on Technology, Innovation, Design & Engineering Teaching, Salt Lake City, Utah.

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.