



ALEXANDRIA

ALEXANDRIA

Revista de Educação em Ciência e Tecnologia

Abordagem Relacional no Ensino de Fisiologia Humana no Ensino Médio

Relational Approach in Teaching Human Physiology in High School

Lídia Cabral Moreira^a; Ana Paula Miranda Guimarães^b; Amanda Amantes^c

^a Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil - lidiabiol@yahoo.com.br

^b Coordenação de Ciências da Terra e da Natureza, Instituto Federal da Bahia, Camaçari, Brasil – anaguimaraes@ifba.edu.br

^c Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil – amanda.amantes@ufba.br

Palavras-chave:

Sistemas fisiológicos.
Integração. Abordagem
relacional. Ensino de
Biologia.

Resumo: Neste trabalho partimos de uma discussão sobre o ensino de fisiologia humana no Ensino Médio, assim como sua tradição de enfoque em aspectos estruturais e pouca ênfase no estudo de mecanismos e fenômenos fisiológicos. Discutimos as consequências de conduzir o ensino desta forma para a formação dos estudantes e apresentamos uma alternativa ao ensino de fisiologia humana que valoriza a abordagem de todos os elementos dos sistemas – componentes, mecanismos e fenômenos. Assim, o objetivo do estudo foi mapear, a partir levantamento documental, o ensino de fisiologia humana na Educação Básica e propor uma forma sistemática de organizar o ensino dos conteúdos na perspectiva de uma abordagem relacional. Conduzimos um levantamento bibliográfico sobre o tema na área de Ensino de Ciências. Com esse procedimento identificamos lacunas nas propostas apresentadas e, a partir disso, estabelecemos critérios para elaboração e organização de uma abordagem com a perspectiva relacional desse conteúdo, no nível do Ensino Médio. Argumentamos a favor do oferecimento de uma alternativa ao ensino usual, em que se busca superar a fragmentação e memorização de conteúdos, no sentido de contribuir com uma compreensão sistêmica sobre o funcionamento do corpo humano.

Keywords:

Physiological systems.
Integration. Relational
approach. Biology
teaching.

Abstract: In this work, we report a discussion about the teaching of human physiology in high school, as well as its tradition of focusing on structural aspects with little emphasis on the study of mechanisms and physiological phenomena. We discuss the consequences of conducting teaching in this manner for student development, presenting an alternative to teach human physiology in an approach that values all systems' elements – components, mechanisms, and phenomena. The aim of the study was to map, through a documentary survey, the teaching of human physiology in Basic Education and to propose a systematic way to organize the teaching of contents from the relational approach perspective. We conducted a bibliographic survey on the subject in the field of Science Education. With this procedure, we identified gaps in the presented proposals and, based on this, established criteria for the development and organization of an approach with a relational perspective for a high school level. We argue in favor of offering an alternative to the usual teaching approach, aiming to overcome the fragmentation and memorization of content, in order to contribute to a systemic understanding of the functioning of the human body.

Introdução

Tradicionalmente, no ensino de Biologia, o estudo do corpo humano diz respeito ao conhecimento de fisiologia humana. “A fisiologia é o estudo normal de um organismo vivo e de suas partes componentes, incluindo todos os seus processos físicos e químicos” (SILVERTHORN, 2010, p.2). Em outras palavras, fisiologia humana está relacionada ao estudo das funções vitais do organismo humano, embora o termo fisiologia também seja usado para tratar as funções dos demais animais e das plantas. A abordagem de fisiologia humana no Ensino Médio, por vezes, se restringe ao conhecimento dos componentes dos sistemas e suas funções, sem estabelecer relações entre eles ou relacioná-los a processos fisiológicos mais amplos. Segundo Macedo (2005) esse enfoque faz parte do processo analítico característico das Ciências da Natureza, mas trouxe problemáticas importantes para a abordagem do corpo humano na Educação Básica. A fragmentação do corpo biológico, que consiste em abordar os sistemas fisiológicos de forma isolada e com foco em estruturas e funções, é uma das principais problemáticas decorrentes no ensino de fisiologia (MACEDO, 2005; SILVA, 2010).

Essa questão respalda-se e reforça-se nos livros didáticos de Biologia, que usualmente apresentam o corpo humano fragmentado e retirado dos espaços culturais que ocupa. Nesses materiais, o corpo humano aparece como simples objeto de manipulação e estudo, como se fosse impersonal e exterior aos sujeitos que o manipulam (MACEDO, 2005; MORAES; GUIZZETTI, 2016). Macedo (2005); Moraes e Guizzetti (2016) apontam que essa objetificação pode ser vista quando se compara o corpo com máquinas ou objetos inanimados. Apresentar conceitos por meio de analogias diversas pode simplificar demais o ensino, dificultar a apropriação da linguagem científica e uma visão integrada sobre o organismo. Além de o corpo ser retirado do âmbito cultural, o biológico também é reduzido ao mecânico.

No livro didático, além da fragmentação, a questão do excesso de conceitos e a forma como são apresentados também se faz presente. Em um estudo sobre critérios para selecionar conteúdos de Biologia no Ensino Médio, Carvalho et al. (2011) criticam a quantidade excessiva de conceitos que os estudantes do Ensino Médio precisam dominar ao longo da escolarização e defendem a adoção de conceitos estruturantes para organizar o currículo de Biologia. Nesse estudo, os autores analisaram 28 livros didáticos aprovados pelo PNLEM/2007 e identificaram que a maior concentração de conteúdos que aparecem nesses materiais está no escopo da área de fisiologia humana (ao todo 612 conceitos que os estudantes devem aprender), sendo constatada uma alta demanda de aprendizagem nesse domínio de conhecimento.

Esse é um resultado que requer um olhar mais criterioso para como a fisiologia humana tem sido abordada nos livros didáticos de Biologia, visto que o livro didático ainda é um dos

recursos mais utilizados pelos professores em sala de aula (RODRIGUES; et al., 2011), assumindo um papel central na elaboração das propostas de ensino. Isso sugere que, além de tirarmos o foco do estudo isolado dos sistemas humanos e da memorização de conceitos, é necessário criarmos alternativas. Precisamos elaborar estratégias para que as ideias centrais no conhecimento fisiológico tenham um papel estruturante no ensino e na aprendizagem, possibilitando assim uma compreensão mais ampla sobre o corpo.

Na tendência de abordar o corpo biológico de maneira fragmentada, o foco do ensino recai nas estruturas dos sistemas e na função dos órgãos, com pouca compreensão sobre como tais estruturas interagem dentro do sistema e no organismo como um todo (ASSARAF et al., 2013). Um dos impactos do ensino nessa perspectiva está na aprendizagem de conceitos sem o estabelecimento de relações imprescindíveis para uma compreensão mais ampla e integrada. Em um estudo realizado por Moraes e Guizzetti (2016) com estudantes do Ensino Médio, elas identificaram percepções reducionistas e fragmentadas sobre o corpo humano quando analisaram respostas discursivas sobre fisiologia. Verificaram que os estudantes não reconheceram conexões entre os órgãos, funções e sistemas, tratando o corpo como algo impessoal, como se fosse distante deles. Ou seja, houve um afastamento entre o corpo didático e o seu próprio corpo, como se a descrição do outro pertencesse a um lugar ao qual ele próprio não pertencia.

Um dos obstáculos para a aprendizagem de conteúdos nessa perspectiva da fragmentação é a pouca compreensão de processos fisiológicos mais complexos que envolvam os sistemas humanos. Por exemplo, o estudante pode saber verbalizar sobre os componentes do sistema respiratório e elucidar a função dos pulmões, mas não saber explicar, em termos fisiológicos, porque o oxigênio é vital ou como os gases respiratórios interagem com o sangue. É comum os estudantes estudarem sistema circulatório, a regulação da pressão sanguínea e depois os rins e o controle do volume do corpo, separadamente. Contudo, na realidade funcional do corpo, o sistema circulatório e renal relaciona-se um com o outro, de modo que uma mudança em um provavelmente causa reação no outro. A pressão sanguínea, por exemplo, é influenciada pelo volume do corpo, ou seja, mudanças na pressão sanguínea podem ter efeito significativo na função renal (SILVERTHORN, 2010). Ao estudarem os sistemas de forma isolada, os estudantes não desenvolvem a noção de integralidade do corpo, o que pode influenciar as decisões sobre cuidados com a saúde e com o próprio corpo.

Outro obstáculo diz respeito à biologização do corpo, sendo essa perspectiva pouco contextualizada e desvinculada de questões sociais, políticas, culturais e afetivas. Tal visão se configura como uma forma de fixar identidades, o que dificulta politizar questões sociais importantes, tais como, a questão de diversidade, a influência da mídia na relação com o corpo, saúde e bem-estar, dentre outras. Exalta-se um discurso marcado por uma abordagem

cientificista e conteudista, ou seja, o chamado discurso biológico, no qual é abordado basicamente o corpo físico, os órgãos e suas funções (RIBEIRO, 2002). Ou seja, a biologização diz respeito a um foco unicamente nas questões biológicas e funcionais do corpo humano (RIBEIRO, 2002).

Tomando por base as problemáticas da fragmentação e consequente objetificação do corpo enfrentadas na abordagem da fisiologia humana no Ensino Médio, defendemos que uma forma promissora de ensino seria propor uma abordagem explícita sobre a natureza relacional das funções fisiológicas, reconhecendo a complexidade biológica do corpo e ao mesmo tempo contextualizando esse corpo biológico ao ambiente em que ele está inserido, através da proposição de questões sociocientíficas. Essa perspectiva visa proporcionar aos estudantes uma compreensão ampla sobre função e processos fisiológicos e suas inter-relações.

O entendimento relacional entre os sistemas é um enfoque especial da fisiologia humana e significa unir elementos variados para criar um todo uniforme/coeso (SILVERTHORN, 2017). Autores defendem que tal direcionamento proporciona aos estudantes a compreensão de diferentes aspectos ligados ao funcionamento do corpo, como os seus componentes e função, seus mecanismos e fenômenos, além de favorecer o entendimento de como esses aspectos estão interligados entre os diferentes sistemas. Consideramos que, para além de proporcionar o conhecimento específico sobre fisiologia humana, a abordagem explícita das relações entre os sistemas pode contribuir para que os estudantes desenvolvam uma identificação pessoal enquanto corpo biocultural, que também sofre influências do seu entorno. Essa identificação pode colaborar para que ele desenvolva o pensar e agir criticamente diante de questões do cotidiano e favorecer relações interpessoais mais saudáveis (MORAES; GUIZZETTI, 2016).

A partir dessa discussão, cabe questionar: Como tem sido as propostas de ensino de fisiologia humana na Educação Básica? Quais são as características da abordagem relacional da fisiologia humana no Ensino Médio? A fim de atender a esses questionamentos, o objetivo desse trabalho foi investigar as características de propostas de ensino sobre fisiologia humana e, a partir das lacunas identificadas em relação à fragmentação e biologização do ensino, estabelecer critérios para elaboração e organização de uma abordagem com a perspectiva relacional desse conteúdo, para aplicação no Ensino Médio. A clareza sobre como incluir a perspectiva relacional no ensino pode auxiliar na elaboração de intervenções de ensino de fisiologia humana que sejam menos reducionistas e mais contextualizadas em relação ao conhecimento amplo sobre o corpo humano.

Propostas de ensino de fisiologia humana na educação básica

Nesta seção buscamos analisar estudos que descrevem sobre propostas de fisiologia humana na Educação Básica, com o intuito de identificar como o ensino de fisiologia tem sido proposto a partir de uma perspectiva acadêmica. Para tanto, fizemos uma revisão de literatura através de busca na *Web*, que foi conduzida no período de novembro de 2018 e janeiro de 2019 em âmbito nacional¹, nas bases de dados SciELO (*Scientific Electronic Library Online*, <http://www.scielo.org/php/index.php>) e em periódicos brasileiros não indexados pelo SciELO: *Investigações em Ensino de Ciências*; *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*; *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*; *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*; *Ciência & Ensino*; *Experiências em Ensino de Ciências*; *Revista Ciências e Ideias*; *Revista Práxis*; *Revista da SBenBio*; *Revista de Educação, Ciência e Cultura*; *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*; *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*. Esses periódicos já foram fonte de pesquisa em outros estudos da área de Ensino de Ciências, como no trabalho de tese de Paiva (2019), em um estudo de revisão sistemática no campo da Biologia celular. Além dessas bases, também consultamos os Anais do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)², de todas as edições (1997 a 2019).

A base de dados SciELO foi escolhida por indexar uma quantidade considerável de periódicos da área. As atas do ENPEC foram incluídas em nossa pesquisa por armazenar trabalhos de diversos pesquisadores em ensino de Ciências e pela relevância que tem para esse campo de pesquisa. A decisão de centralizar nossa análise a artigos publicados em periódicos decorreu do nosso entendimento de que, tipicamente, esses artigos são submetidos a uma análise rigorosa pela comunidade científica, além de serem disponibilizados em plataformas online, o que facilita a visibilidade e o acesso aos seus resultados pelos docentes.

A pré-seleção dos trabalhos foi feita utilizando um conjunto de palavras-chave, sem filtro temporal, a fim de levantar o maior número de trabalhos. Empregamos os seguintes termos: “corpo humano”, “fisiologia humana”, “ensino de corpo humano”, “ensino de fisiologia humana”, “sistemas fisiológicos”, “práticas de ensino sobre corpo”. No critério de redução retiramos os artigos cujos estudos que foram realizados no ensino superior, os que eram teóricos e também aqueles que não demonstravam explicitamente se referirem a proposta de ensino. Por esse procedimento chegamos a um total de 28 artigos relevantes ao

¹A decisão metodológica de abranger apenas periódicos nacionais de seu pelo fato de se obter um panorama dessas propostas de ensino no Brasil e pensar em possíveis soluções para as questões do ensino de fisiologia no contexto da realidade das escolas brasileiras.

²Os textos das edições do ENPEC foram obtidos em seus anais, disponíveis no site do evento: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/anais.html>.

escopo desse estudo, apresentados no Quadro 1, onde são detalhados o título do artigo, autores e ano em ordem cronológica, além do meio de divulgação.

Quadro1. Relação dos artigos selecionados para análise, organizados por ordem cronológica do ano de publicação.

Código da publicação	Título do trabalho	Autores / Ano	Local de publicação
A1	Modelos conceptuales sobre las relaciones entre digestión, respiración y circulación	Núñez; Banet (1996)	Investigación y experiencias didácticas
A2	Aplicación y evaluación de una Unidad didáctica sobre el sistema respiratorio	Toledo; Camero (2005)	Revista de Investigación
A3	O ensino da digestão-nutrição na era das refeições rápidas e do culto ao corpo	Gonzalez; Paleari (2006)	Ciência e Educação
A4	Representações sociais dos professores deciências naturais sobre corpo humano	Shimamo; Lima (2006)	Olhares e Trilhas
A5	Obstáculos y alternativas para que los estudiantes de educación secundaria comprendan los procesos de nutrición humana	Banet (2008)	Revista Alambique
A6	Práticas de ensino epistemologicamente diferenciadas sobre a aprendizagem do corpo humano	Aragão; Figueiredo; Araújo (2011)	AMAZÔNIA - Revista de Educação em Ciências e Matemáticas
A7	Ferramenta didática alternativa para a aprendizagem de anatomia e fisiologia humana: “jogo na trilha da anatomia e fisiologia humana”.	SILVA et al., (2011)	IV ENEBIO
A8	Corpo e representação	Talamoni; Bertolli Filho (2011)	VIII ENPEC
A9	Educação Ambiental e Fisiologia Humana: compreensões e práticas de professores de biologia	Rezende; Coutinho; Araújo (2013)	ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia
A10	Modelização: uma possibilidade didática no ensino de biologia	Duso et al., (2013)	Revista Ensaio
A11	Integrando a fisiologia a partir de uma sequência didática baseada no estudo do sistema nervoso	Gurgel et al., (2014)	Revista SBEnBio
A12	Nossa alimentação: análise de uma sequência didática estruturada segundo referenciais do Movimento CTS.	Santana; Bastos; Teixeira (2015)	Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências
A13	Concepções sobre anatomia humana de alunos do ensino médio da cidade de Cuité-PB: funções e relações com cotidiano	Baptista et al., (2015)	Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências
A14	Fisiocard game: um jogo didático para o ensino da fisiologia na educação básica	Alves et al., (2016)	Revista de ensino de Bioquímica
A15	Percepções de alunos do terceiro ano do Ensino Médio sobre o corpo humano	Moraes; Guizzetti (2016)	Ciência e Educação (Bauru)
A16	Unidade de ensino potencialmente significativa para a abordagem do sistema respiratório: estudo de caso	Rosa; Cavalcanti; Perez (2016)	Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia
A17	Uso de jogo educacional no ensino de Ciências: uma proposta para estimular a visão integrada dos sistemas fisiológicos humanos	Nicácio; Almeida; Correia (2017)	XI ENPEC
A18	Proposta didática no ensino integrado da morfologia: células e tecido ósseo	Kunz et. al., (2017)	Experiências em Ensino de Ciências
A19	Discutindo evolução biológica no ensino fundamental: uma estratégia didática sobre corpo humano	Araújo; Paesi (2017)	Experiências em Ensino de Ciências
A20	O filme “tempos modernos” como recurso pedagógico no ensino dos conceitos de	Andrade et al., (2017)	Ciências em Foco

	homeostase e estresse		
A21	O jogo didático no ensino de ciências: Uma análise do jogo “descobrindo o corpo humano”	Garcia; Nascimento (2017)	XI ENPEC
A22	Construção de modelo didático para o ensino de ciências: sistema urinário	Alexandre et al., (2017)	Experiências em Ensino de Ciências
A23	Representations as mediation between purposes as junior secondary science students learn about the human body	Olander et al., (2017)	International Journal of Science Education
A24	Robótica educacional no nível médio de ensino: o conceito de sistema nervoso central	Garcia; Soares (2018)	Experiências em Ensino de Ciências
A25	O estudo do corpo humano numa perspectiva multimodal em uma turma do 8º ano do Ensino Fundamental	Queiroz; Tavares (2019)	XII ENPEC
A26	Uso do portfólio como metodologia alternativa no ensino e aprendizagem sobre o sistema digestório: um estudo com alunos do 3º ano do ensino médio	Costa et al., (2019)	Experiências em Ensino de Ciências
A27	O ensino dos sistemas fisiológicos por meio de uma abordagem integradora: um enfoque na interdisciplinaridade	Seixas et al., (2019)	Brazilian Journal of Development
A28	Análise de conteúdo das questões de Fisiologia Humana da Prova de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do Exame Nacional do Ensino Médio (1998-2016)	Miranda; Ferreira; Dias (2019)	Ciência e Educação (Bauru)

Fonte: Elaborado pelas autoras a partir de pesquisa bibliográfica.

A análise dos artigos incluídos no nosso *corpus* nos dá indícios de que os estudos sobre ensino de fisiologia humana ainda não apresentam grande contingente em comparação com outros temas, como, por exemplo, ensino de Genética que apresentou 58 ocorrências na pesquisa de Diniz et al. (2023). Os artigos foram classificados por temas, a partir de leitura prévia, sendo realizada também uma classificação das propostas de ensino. Esse procedimento permitiu obter um panorama geral sobre o ensino de fisiologia humana conforme reportado na área de ensino de ciências, pelos principais veículos de divulgação de pesquisa acadêmica:

Tema 1: Representação do corpo

Trabalhos sobre representação de corpo ou concepções sobre o corpo de professores ou estudantes representam a maior parte dos artigos analisados. Por exemplo, nessa temática temos os artigos A1, A3, A4, A5, A8, A9, A13, A15, A23, A28, que representam 35% de todos os trabalhos analisados.

No artigo A28, os autores fazem uma discussão sobre como o conteúdo de fisiologia humana é concebido no ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio (1998-2016). Nesse período, encontramos um total de 38 questões que exigiam conhecimento sobre algum sistema fisiológico. Esse é um resultado importante, uma vez que pode gerar *insights* sobre como poderíamos abordar determinados temas no ensino de fisiologia humana. Os autores relatam que as questões contêm bastante contextualização e apresentaram riqueza de gráficos, tabelas e diagramas. Em relação ao foco da abordagem dos conteúdos nas provas, o

funcionamento do organismo humano é apresentado a partir de diferentes níveis de organização – molecular, celular, tecidual, orgânico e sistêmico – e a partir de diferentes perspectivas – aspectos sociais da biologia, noções de primeiros socorros, exercícios físicos e vida saudável. Essa aproximação com temas sociocentíficos é uma tendência no ensino de Ciências em termos de abordagens metodológicas (CONRADO; NUNES-NETO, 2018). Elas possibilitam a contextualização com o cotidiano dos estudantes, instigando menos a aprendizagem mecânica.

As consequências de um ensino focado somente na memorização de aspectos estruturais do organismo humano foram discutidas nos artigos A1, A3 e A5. Em geral, os autores destacaram como as estruturas dos sistemas aparecem dissociadas das suas respectivas funções e desordenadas com relação à sequência normal do processo fisiológico, demonstrando visão reducionista sobre o funcionamento do corpo. No A5, por exemplo, os autores relataram baixa compreensão dos estudantes sobre as funções reguladoras, as relações entre o coração e os vasos sanguíneos e entre alvéolos e sangue.

Quando analisamos o artigo A4, percebemos que grande parte do problema do reducionismo na fisiologia humana também aparece nas concepções dos professores, tendo em vista que eles identificaram que há uma predominância de elementos da dimensão biológica de corpo humano na estrutura central dessas representações. Para os professores, essa ênfase nos elementos anatômico-fisiológicos do corpo humano em detrimento de outras dimensões se configura, de maneira geral, uma concepção de corpo-biológico que impõe limitações a uma visão mais ampla do corpo humano. Essa constatação pode ser percebida na seguinte fala de um professor que participou do estudo: *Não há outra maneira de estudar o corpo humano. Você tem que dividi-lo para conhecer suas partes e suas funções. Eu sei que não é muito certo, mas esta é a melhor maneira de estudar o todo* (p.8). Os autores analisam a predominância de aspectos de uma abordagem que fragmenta o estudo do corpo humano, nas concepções dos professores, cujas partes cumprem funções específicas, desprovido de sensibilidade, apenas reagindo a estímulos exteriores.

Em contrapartida, o A23 mostra como uma atuação intencional do professor na sala de aula pode melhorar a representação dos estudantes sobre o corpo humano. Isso reflete uma preocupação com a formação dos professores, uma vez que essas representações sociais se materializam na elaboração dos planos de ensino e os estudantes acabam reproduzindo-as. Os artigos A8, A13 e A15 discutem esse fato ao explicitarem representações dos estudantes sobre o corpo humano.

De modo geral, esses artigos sistematizam as percepções reducionistas dos estudantes, desconexas e fragmentada sobre o funcionamento do corpo, não estabelecendo, muitas vezes, relações entre os órgãos, funções e sistemas, nem relacionando esse estudo com seu próprio

corpo ou o meio ambiente que o cerca. Essa concepção está relacionada à abordagem realizada em um ensino estritamente conceitualista, fundamentado em uma perspectiva de que instruções sobre as partes leva a uma compreensão do todo. Por isso, acreditamos que uma das formas de romper com essa estrutura é por meio de uma abordagem sistêmica e humanizada, na qual se discuta a fisiologia humana a partir de corpos reais, com nome, feição, histórias, cultura, dilemas. Nesse caso, o uso de questões sociocientíficas é uma alternativa em potencial, uma vez que possibilita abordar conteúdos científicos de forma ampla e refletida, a partir de casos reais ou criados, que se aproximam dos contextos e do interesse dos estudantes.

Tema 2: Abordagem CTS

Propostas com Abordagem CTS, relação Ciência-Tecnologia-Sociedade se constituem em outras formas de promover um ensino mais contextualizado e menos fragmentado, como discutido nos artigos A2 e A12, em que os autores utilizaram temas cotidianos, como saúde pública, para discutir os conteúdos do ensino, além de desenvolverem conteúdos atitudinais, com foco na tomada de decisões pelos estudantes.

A educação CTS ou CTSA³ tem sido uma perspectiva de ensino bastante investigada nos estudos da área de ensino de Ciências (AULER et al., 2005; FIRME; AMARAL, 2011; ROSA; LANDIM, 2018;). Contudo, essa temática ainda é pouco explorada nos trabalhos que analisamos para os temas em questão. O campo da fisiologia humana tem grande potencial de suscitar diversos debates sobre questões éticas e atitudes que envolvem as relações entre os domínios CTSA. Essas questões poderiam ser contempladas, por exemplo, a partir de temas relacionados à obesidade, sobrepeso, autoimagem, influência da mídia na relação com o corpo e temas sobre saúde, os quais podem contribuir para o aumento do interesse dos estudantes pelo estudo da matéria, criticidade e reconhecimento da importância desses conteúdos para solução de problemas do seu próprio cotidiano.

Tema 3: Uso didático de jogos

O uso de jogos aparece nos artigos A7, A14, A17 e A21. Na análise das propostas desses artigos percebemos que os jogos abordavam, predominantemente, aspectos relacionados ao conhecimento sobre as estruturas dos sistemas e suas respectivas funções, sem espaço para discussão sobre processos ou fenômenos fisiológicos. Os autores do A14, por exemplo, citam que o foco do jogo foi “a revisão e a associação dos conceitos relativos aos sistemas fisiológicos, pois trabalha diretamente com os componentes do corpo humano e

³A inclusão de “A” na sigla, posteriormente nos trabalhos, ressalta a importância de se discutir a dimensão ambiental (SANTOS, 2007).

suas respectivas funções". Ainda acrescentam que os resultados de aplicação "indicam que o jogo auxiliou na compreensão e **fixação** dos conteúdos de fisiologia" (p.107, grifo nosso).

Essa ideia de fixação dos conteúdos subentende a perspectiva de uma aprendizagem essencialmente mecânica, acrítica e descontextualizada, típica de um ensino tradicional tecnicista. A tendência atual no ensino de Ciências é que as propostas de ensino cada vez mais se preocupem com uma aprendizagem mais geral, de modo que o estudante desenvolva habilidades que lhe permitam pensar criticamente, exercer sua cidadania e tomar decisões socialmente responsáveis (CONRADO; NUNES-NETO, 2018). Nesse sentido, destaca-se apenas o trabalho feito em A17, que utilizou um jogo didático para promover um ensino de forma integrada, buscando relacionar órgãos, funções e processos. Outros artigos, como o A10, A11, A18, A27 também trazem essa discussão sobre abordagem de ensino integrada da fisiologia humana, que promove uma compreensão mais ampla e realista sobre o funcionamento do corpo.

Tema 4: Utilização de recursos didáticos

Com relação aos recursos didáticos e abordagens de ensino utilizadas nas pesquisas conduzidas nos artigos analisados, os artigos A6, A16, A19, A20, A22, A24, A25, A26, trazem experiências de ensino distintas, com abordagens diversificadas. O A6, A18, A22 e A24 utilizaram modelos didáticos para explorar conteúdos sobre os sistemas do corpo humano. Em A22 os pesquisadores trabalharam com modelo do sistema urinário, com foco nas funções dos órgãos desse sistema. Já o A24 utilizou a robótica educacional para abordar o funcionamento do sistema nervoso com foco no mecanismo desse sistema. O trabalho do artigo A25 propôs uma sequência de aulas com diferentes recursos didáticos e estratégias de abordagem, o qual denominou de multimodalidade - valorização da comunicação e dos modos de apresentar um conteúdo; o A26 apresenta uma proposta com uso de portfólio durante aulas sobre sistema digestório.

Uma proposta inovadora foi apresentada no A19, em que abordaram as estruturas e funcionamento do corpo humano e, utilizando a história evolutiva, trabalharam o porquê de uma estrutura ser do jeito que é e como ela funciona. Exploraram exemplos de "imperfeições" do corpo humano, como a epiglote e o nervo laríngeo, para que os estudantes compreendessem um dos aspectos mais importantes da evolução: que ela é histórica e não leva a uma perfeição do corpo (ARAÚJO; PAESI, 2017, p. 38).

De modo geral, identificamos que os trabalhos analisados trazem uma discussão na introdução ou na seção de referencial teórico sobre a importância de ensino numa perspectiva ampla do entendimento da fisiologia humana. Contudo, nas propostas de ensino apresentadas essa perspectiva não é adotada, pois a maior parte dos trabalhos ainda foca em estruturas e

funções, com pouco espaço para questões mais complexas sobre o funcionamento do corpo, como comportamento e fenômenos gerais. De acordo com Moraes e Guizzetti (2016), é preciso romper com o reducionismo e a tradição de privilegiar a abordagem de aspectos estruturais e abordar o corpo não apenas com o aspecto biológico. Por isso, propomos uma abordagem relacional da fisiologia humana para guiar intervenções didáticas sobre o tema.

Abordagem relacional da fisiologia humana: do que estamos falando?

O conhecimento do corpo humano consiste em uma ampla variedade de fatos e princípios. No que diz respeito aos sistemas fisiológicos, o conhecimento sobre o corpo humano pode ser sistematizado a partir de três elementos: (a) hierarquia, (b) homeostase e (c) dinamismo (TRIPTO et al., 2018). A hierarquia diz respeito aos níveis de organização dos sistemas, que podem ser tanto em nível macro e/ou micro. No nível micro de hierarquia estão as moléculas e as células que constituem o corpo, como por exemplo nitrogênio, oxigênio, eritrócitos. No nível macro têm-se as estruturas do corpo, como por exemplo os órgãos, constituídos de células que desempenham funções específicas.

Já a homeostase é considerada como um conceito-chave em Biologia e é bem documentada em vários níveis de organização biológica, sendo reconhecida como um princípio fundamental da fisiologia humana (SILVERTHON, 2010). A maioria das células do nosso corpo não é muito tolerante a mudanças ao seu redor. A homeostase, então, significa a regulação do meio interno, um estado de manutenção de uma condição. Isto quer dizer que o corpo controla seu estado interno e cria mecanismos para corrigir alterações que ameacem seu funcionamento normal (SILVERTHON, 2010). A compreensão da homeostase permite um entendimento mais profundo da complexidade do corpo humano, pois ela explica tanto as interações entre o corpo e seu ambiente quanto os processos que ocorrem em seus diferentes níveis organizacionais (ASSARAF et al., 2013).

A terceira característica da fisiologia é o dinamismo. Hmelo-Silver et al. (2000) apresentam a ideia de dinamismo como um todo coerente, compreendendo componentes que interagem entre si dentro dos sistemas e/ou fora deles. Compreender a dinâmica de um sistema permite identificar a interação entre eventos e prever as consequências das mudanças, isto é, entender fenômenos gerais.

O sistema cardiovascular, por exemplo, é composto de muitos tipos diferentes de células (representa o nível micro do sistema), que formam os tecidos dos órgãos (no nível macro) que trabalham em conjunto. O sangue é composto de vários tipos diferentes de células suspensas no plasma. As funções do sistema cardiovascular incluem células e plasma transportando oxigênio, dióxido de carbono, nutrientes e combatendo infecções, todos representando transporte de matéria de um sistema para outros sistemas do corpo (isto é,

dinamismo). O sangue circula no corpo através de diferentes vasos sanguíneos - artérias, veias e capilares (cada qual tem uma estrutura diferente que serve à sua função), e o coração bombeia o sangue criando diferença de pressão que impulsionam o movimento através dos vasos (SNAPIR et al., 2017). Somando-se à complexidade intrínseca da própria dinâmica do sistema cardiovascular, está o fato de ele interagir constantemente com os demais sistemas do corpo. Essas interações são o que permite ao corpo manter a homeostase. O que acontece no corpo durante o exercício físico, por exemplo, destaca a interação entre os sistemas cardiovascular e respiratório, que é integrado pelo sistema nervoso. Essa integração gera um padrão de comportamento no sistema, que podemos interpretar como um fenômeno.

Dado os diversos processos que envolvem a fisiologia humana, promover a compreensão da natureza sistêmica do corpo requer uma abordagem sobre a sua complexidade, abordando aspectos funcionais e comportamentais, não restringindo seu estudo aos aspectos estruturais, mas promovendo a compreensão sobre como as estruturas estão relacionadas umas às outras através do comportamento e da função, das suas interações dentro do sistema e dos resultados dessas interações. Dessa forma, pode ser possível superar a visão fragmentada do corpo, tradicionalmente incorporada no ensino de Ciências e Biologia. A seguir, discutiremos os fundamentos para uma proposta de ensino a partir de uma perspectiva relacional e explícita de fisiologia humana no Ensino Médio.

Características da abordagem relacional

Os sistemas do corpo humano não trabalham de forma isolada, apesar de serem usualmente estudados individualmente. Partindo desse pressuposto, sugerimos a organização do ensino de fisiologia humana no Ensino Médio com um foco explícito na natureza relacional das funções fisiológicas. Nesta sessão apresentamos um conjunto de categorias e conteúdos-chave que podem contribuir para um ensino de fisiologia que capacite o estudante para aprender mais e de modo sistêmico. Esperamos fornecer parâmetros subsidiar o trabalho pedagógico de professores e elaboradores de currículos de Biologia no planejamento de ensino.

Essa perspectiva relacional respalda-se em duas ideias centrais. A primeira refere-se a uma estruturação conceitual por categorias, adaptada dos trabalhos de um grupo de pesquisadores norte americanos e israelenses (Zohar Snapir, Catherine Eberbach, Orit Ben-Zvi-Assaraf, Cindy Hmelo-Silver, Jaklin Tripto) em trabalhos realizados entre 2015 e 2017. Eles buscaram mapear o entendimento dos estudantes sobre a fisiologia do corpo humano. A estrutura conceitual valoriza uma visão sistêmica⁴ sobre processos fisiológicos do corpo que

⁴Sistêmico aqui é empregado para se referir a uma visão ampla e completa dos processos fisiológicos, compreendendo o todo e não partes isoladas.

envolvem a abordagem de seus componentes (C), mecanismos (M) e fenômenos (F) - estrutura CMF (SNAPIR et al., 2017), que neste trabalho consideramos como categorias gerais. A segunda perspectiva foi inspirada nos conteúdos-chave de fisiologia humana, propostos por Silverthorn (2010), no seu livro “Fisiologia Humana: uma abordagem integrada”, muito utilizado nos cursos de graduação em Biologia. São eles: i) relação estrutura-função; ii) comunicação; iii) uso da energia biológica e iv) homeostase.

No Quadro 2 apresentamos uma sistematização sobre a estrutura conceitual da abordagem relacional que construímos. As categorias representam características gerais que estruturam o conhecimento da fisiologia humana, relacionando componentes, processos e interações, o que culmina em uma visão do comportamento geral do corpo humano conforme a estrutura conceitual CMF (SNAPIR et al., 2017). Cada categoria abarca conteúdos-chave e os descriptores são exemplos que se referem a um detalhamento sobre a abordagem desses conteúdos, que podem ser aplicados a todos os sistemas fisiológicos. É importante ressaltar que a construção dos descriptores não é arbitrária, uma vez que se pauta em duas perspectivas teóricas. Por outro lado, os descriptores não têm o intuito de ser um conjunto rígido de conteúdos para o ensino. O objetivo é de caracterizar os desdobramentos dos conteúdos-chave, ficando a critério do professor selecioná-los a depender de sua realidade escolar e do tempo didático disponível no currículo.

Quadro 2. Relação das categorias, conteúdos-chaves e descriptores, como características de uma abordagem relacional da fisiologia humana.

Categorias	Conteúdos-chaves	Descriptores
Componentes (C)	Relação estrutura-função	C1: A interação biomoléculas-sistemas, sua composição química e função; C2: A função de moléculas e íons em diferentes sistemas; C3: Anatomia e função dos órgãos dos sistemas.
Mecanismos (M)	Comunicação	M1: Sinalizadores químicos e elétricos regulam o fluxo da informação entre as células; M2: Moléculas sinalizadoras desencadeiam processos.
	Uso da energia biológica	M3: Fontes externas de matéria e energia para o corpo humano; M4: Produção e armazenamento da energia biológica; M5: Metabolismo.
Fenômenos (F)	Homeostase	F1: Condições de normalidade bioquímica do corpo humano apesar de perturbações externas; F2: Manutenção da homeostase por meio de mecanismos autorregulatórios, como as alças de retroalimentação; F3: Condições necessárias para a manutenção do corpo humano, por meio da interação entre fatores bióticos e abióticos.

Fonte: Elaborado pelas autoras com base em referenciais teóricos (SILVERTHORN, 2010; SNAPIR et al., 2017).

No Quadro 2 compilamos os conteúdos que, com base nos referenciais teóricos apresentados, são considerados essenciais para uma melhor compreensão da fisiologia humana. Os conteúdos-chave são aqueles elencados por Silverthorn (2010) como os quatro conceitos básicos em fisiologia humana, que aparecem nos diferentes sistemas de órgãos, com algumas variações. Eles contribuem para uma visão global do funcionamento do corpo humano. Aplicam-se às categorias da estrutura conceitual CMF, que também incorpora essa perspectiva de uma compreensão ampla da fisiologia.

Como as categorias mostradas no quadro 2 foram construídas com base na estrutura CMF⁵, elas abarcam características dos sistemas fisiológicos, elementos para a compreensão geral do funcionamento do corpo. Ou seja, cada um dos sistemas do corpo apresenta uma relação entre seus componentes, mecanismos e fenômenos, e desses elementos com outros sistemas fisiológicos. Isso significa que uma abordagem relacional da fisiologia humana deve valorizar a compreensão dessa tríade, ou seja, é impossível compreender um sistema fisiológico como um todo e como ele está relacionado a outros sistemas sem reconhecer as estruturas envolvidas, de que forma os mecanismos operam e como esses processos geram fenômenos. A Figura 1 mostra como a relação entre esses elementos é organizada.

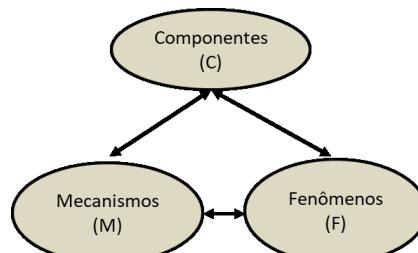


Figura 1. Esquema que representa a relação entre os elementos essenciais para uma abordagem ampla e relacional da fisiologia humana.

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Esse tipo de abordagem se diferencia do que frequentemente ocorre nas aulas de Biologia por duas características principais:

- i) os sistemas fisiológicos não são estudados de forma isolada, mas buscando relacionar suas funções. Por exemplo, ao iniciar um estudo do sistema digestório, no lugar do (a) professor (a) introduzir o assunto apresentando as estruturas do sistema e suas funções, iniciaria com um tópico sobre “De onde vem a energia para as nossas atividades vitais?” A partir dessa problematização seria possível abordar a relação existente entre os diversos sistemas, como o digestório, cardiovascular, respiratório e endócrino. Isso significa que em

⁵Essa estrutura é um refinamento da representação conceitual Estrutura-Comportamento-Função (SBF) descrita por Goel, et al., 1996 e Hmelo-Silver et al. (2000, 2004, 2006).

uma aula não é trabalhado um sistema de forma isolada, mas sim mostrando como o sistema contribui para compreensão de um fenômeno geral do corpo. No exemplo citado isso seria o uso de fontes externas de energia para a manutenção das atividades vitais das células;

ii) o foco não está na descrição das partes que compõem o sistema (os componentes), mas está além disso, nos seus mecanismos e resultados. Isso pressupõe ensinar menos termos técnicos, que por vezes não contribuem para uma ampla compreensão do funcionamento do corpo.

Na Figura 2 é possível observar como podemos aplicar os elementos da estrutura CMF para abordagem relacional de conteúdos para o ensino de fisiologia humana no Ensino Médio.

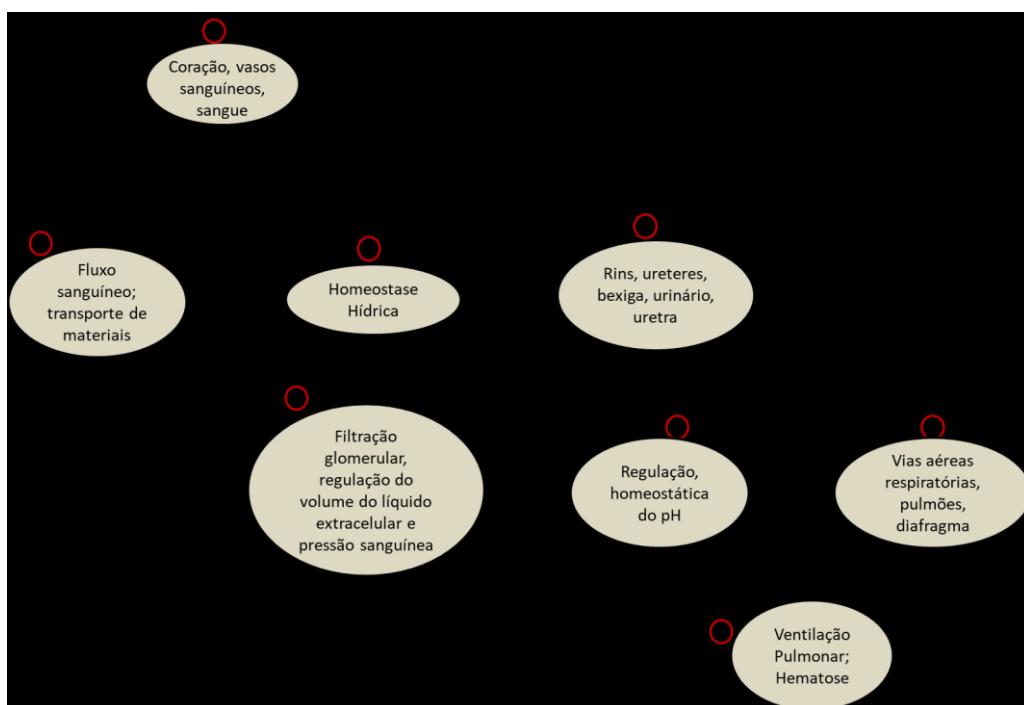


Figura 2. Representação esquemática da natureza relacional das funções fisiológicas.

Fonte: Elaborado pelas autoras.

A Figura 2 mostra como cada um dos três sistemas – sistema circulatório, urinário e respiratório - contribuem para um comportamento geral do corpo – os fenômenos. É possível perceber que existe uma relação entre componentes, mecanismos e fenômenos dentro de cada sistema. No esquema, o coração, vasos sanguíneos e sangue, são componentes do sistema circulatório, que juntos executam o mecanismo de transporte de materiais e o fluxo sanguíneo, o que contribui para a homeostase hídrica. Embora o volume de sangue na circulação seja relativamente constante, alterações no volume do sangue podem ter efeitos sobre a pressão sanguínea arterial. Se o volume de sangue aumenta, a pressão sanguínea também aumenta; se o volume sanguíneo diminuir, a pressão também diminui. Ajustes do volume sanguíneo são de responsabilidade dos rins e do sistema circulatório (SILVERTHORN, 2010). Por meio da filtração glomerular que ocorre nos rins, o plasma

sanguíneo é filtrado, e nesse processo substâncias úteis são reabsorvidas, como por exemplo a água e sais, acarretando a produção de urina.

Os fenômenos da homeostase hídrica e eletrolítica são explicitamente de natureza relacional, uma vez que envolvem o sistema respiratório, circulatório, sistema urinário e respostas comportamentais. Na homeostase hídrica, segundo Silvertorn (2010):

Ajustes realizados pelos pulmões e pelo sistema circulatório estão principalmente sob o controle de neurônios, e podem ser executados de forma bastante rápida. A compensação homeostática pelos rins é mais lenta porque os rins estão principalmente sob o controle endócrino” (SILVERTORN, 2010, p. 652).

Nesse caso, uma pequena mudança na pressão arterial, que provoca um aumento ou uma redução do volume sanguíneo, é rapidamente corrigida pelo centro de controle cardiovascular no encéfalo. Se as mudanças de volume são persistentes ou de grande magnitude, os rins agem para ajudar a manter a homeostasia. Além da autorregulação, os mecanismos comportamentais também desempenham papel crucial, como por exemplo a ocorrência da sede, na homeostase hídrica, uma vez que beber é o único meio normal de repor a água perdida (pela urina, fezes e suor). Além disso, há uma relação direta entre os mecanismos do sistema circulatório e respiratório, pois os gases respiratórios são transportados às células através do sangue, pelos vasos sanguíneos (relação C – M).

O sistema urinário também participa da regulação homeostática do pH do plasma sanguíneo. Se o líquido extracelular se torna muito ácido, os rins removem íons H^+ e conservam íons bicarbonato (HCO_3^-), que funcionam como uma substância tampão (molécula que modera a mudança de pH), a primeira linha de defesa para impedir grandes oscilações do pH. Inversamente, se o líquido extracelular se tonar muito alcalino, os rins removem HCO_3^- e conservam H^+ .

Apesar de os rins desempenharem um papel significativo na homeostase do pH, são os pulmões, através do mecanismo de ventilação, que corrigem mais rapidamente as alterações de pH. O mecanismo de ventilação é controlado principalmente pelo diafragma. A ventilação e o estado ácido-base são intimamente relacionados, pois mudanças da pressão parcial do CO_2 afetam a concentração de H^+ e, consequentemente, o pH do plasma. Se os níveis de H^+ aumentam, os quimiorreceptores estimulam o aumento da ventilação, que por sua vez, permitem que os pulmões excretem mais CO_2 e convertam H^+ em ácido carbônico.

Ainda poderíamos ampliar o esquema da Figura 2, a partir do sistema respiratório e relacioná-lo ao sistema digestório, por exemplo. Essa relação pode ser estabelecida se pensarmos na função do diafragma, que é criar uma diferença de pressão de ar dentro da cavidade torácica para que os gases respiratórios possam entrar e sair (TRIPTO et al., 2016).

O mecanismo de contração e relaxamento é um exemplo de como o diafragma realiza a sua função, que gera como resultado a oxigenização das células para produção de

energia na forma de ATP, expelindo o gás carbônico como resíduo do metabolismo celular. A fonte de energia para as atividades celulares humana vem de meios externos ao corpo: através da nossa alimentação, que, necessariamente, passa pelo processo de digestão. Assim, além de existir uma relação dos elementos da estrutura CMF dentro de cada sistema, a forma como cada sistema contribui para o funcionamento do corpo também é um exemplo dessas relações. A seguir vamos explicar as características de cada uma das categorias da relação CMF e como os conteúdos-chave, propostos por Silverthorn (2010) estão associados a elas.

Categoria componentes

A categoria “componentes” engloba o estudo dos aspectos básicos de cada sistema do corpo, que envolve abordar sua estrutura - os órgãos, sua localização, propriedades e função (SNAPIR et al., 2017). Em outras palavras significa uma compreensão inicial sobre “o quê” compõem os sistemas. De acordo com Carvalho, Nunes-Neto e El-Hani (2011), um componente possui propriedades relevantes, se apresentando como uma função dentro do mecanismo para a realização de um determinado fenômeno. Podemos citar como exemplo o coração, descrito como um órgão muscular composto por quatro cavidades, localizado entre os pulmões, que tem a função de bombear sangue para todas as regiões do corpo. O conhecimento dessa estrutura fornece um entendimento da dimensão espacial dos componentes dos sistemas, que podem ser tanto microscópicos (como células, moléculas e íons), quanto macroscópicas (como os órgãos). Conhecer sobre os componentes é importante para compreender o todo, que envolve os mecanismos e fenômenos fisiológicos.

Nessa categoria, o conteúdo-chave associado é “relação estrutura-função”, com foco tanto no nível molecular, quanto no nível de organização dos sistemas. A função biológica depende, essencialmente, da capacidade que moléculas isoladas possuem para se ligarem a outras moléculas, como por exemplo a capacidade do oxigênio de se ligar a hemoglobina no sangue. A função de uma molécula depende de sua estrutura e forma, de modo que uma pequena mudança na estrutura ou na forma pode ter consequências significativas sobre a função. Um exemplo desse processo é a modificação de um aminoácido da proteína hemoglobina. Essa mudança na proteína transforma a hemoglobina normal em uma forma associada à doença conhecida como doença falciforme (SILVERTORN, 2017).

Outras questões estão associadas à abordagem das biomoléculas e suas funções, como a composição dos carboidratos e sua utilização no processo de respiração celular aeróbica. Também pode-se abordar a participação dos íons e outras moléculas nos mecanismos e fenômenos importantes para o corpo, e como os sistemas se relacionam a partir dessas moléculas. Quando se aborda os íons sódio e potássio, por exemplo, evidencia-se sua diferente participação na transmissão do impulso nervoso e na realização de movimentos

através da contração muscular. Essa é uma abordagem no nível molecular, pois enfatiza o papel dos íons; mas, ao mesmo tempo, também é possível perceber como o sistema nervoso se relaciona com os tecidos musculares, o que caracteriza o nível de organização do sistema. Outro exemplo são os gases oxigênio e gás carbônico, em que é possível relacionar suas funções aos sistemas respiratório, cardiovascular e digestório. Em nível de sistema, evidencia-se a função dos órgãos e suas localizações anatômicas, com o intuito de subsidiar a compreensão dos processos que ocorrem nesses órgãos.

Categoria mecanismos

Compreender o corpo humano requer a capacidade de reconhecer os processos que ocorrem dentro dele, os quais lhe permitem funcionar. A categoria “mecanismos” corresponde aos processos fisiológicos e busca responder à pergunta de “como” os componentes atingem sua finalidade e descrever as interações entre os componentes e os processos (SNAPIR et al., 2017). Exemplos desses mecanismos são: trocas gasosas, absorção e transporte de substâncias, transmissão do impulso nervoso, entre outros. Os mecanismos são formas de explicar analiticamente o funcionamento de diversas estruturas, processos e fenômenos, ao mesmo tempo em que fornecem meios de relacionar a produção de fenômenos às estruturas e processos (CARVALHO et al., 2011). Um entendimento mais completo da fisiologia demanda uma compreensão sobre como os mecanismos utilizam as estruturas dos sistemas ou a sequência de ocorrência de eventos em um processo. Portanto, os mecanismos servem como mediadores entre componentes e fenômenos, na relação CMF (HMELO-SILVER; AZEVEDO, 2006) e sua compreensão é essencial para entender o porquê da ocorrência de certos fenômenos.

Os conteúdos-chave dentro da categoria “mecanismos” são “comunicação” e “uso da energia biológica”. O estudo do sistema nervoso e sistema endócrino é o foco para a compreensão da “comunicação” biológica, uma vez que a maior parte da comunicação entre as células é realizada por esses dois sistemas. Por meio de sinalizadores elétricos (impulso nervoso) e sinalizadores químicos (hormônios), as células têm capacidade de fazer com que o fluxo de informação circule por todo o corpo. Existem outras moléculas que funcionam como sinalizadores, os peptídeos como as citocinas, por exemplo. As citocinas estão associadas principalmente a respostas imunes, como a inflamação, mas elas também controlam outras funções, como o desenvolvimento e a diferenciação celular (SILVERTHORN, 2017). Nessa abordagem é importante evidenciar como a comunicação está relacionada a diferentes funções dos sistemas fisiológicos. A figura 3 é mais um exemplo que ilustra essas relações.

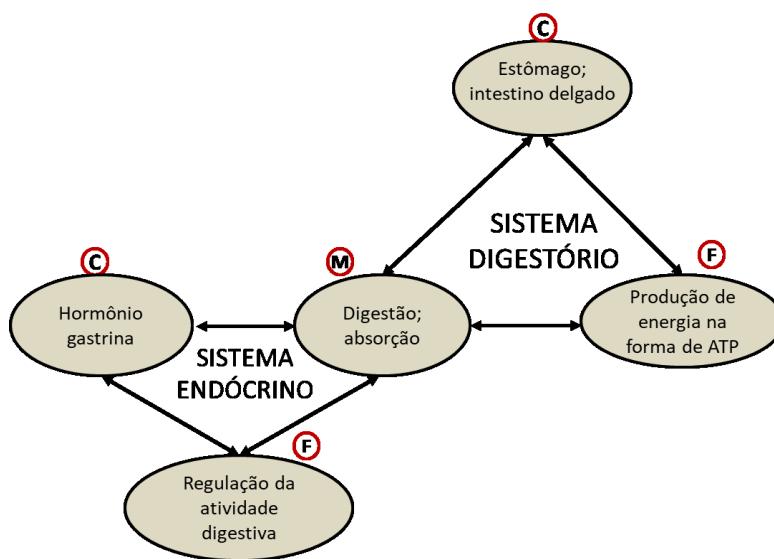


Figura 3. Esquema da relação entre as funções dos sistemas digestório e endócrino.

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Pelo esquema da Figura 3, observamos as relações entre o sistema digestório e endócrino. Para ocorrer o processo de digestão dos alimentos no estômago, o sistema endócrino sinaliza a certas células ‘G’ no estômago para produzirem e secretarem o hormônio gastrina, que por sua vez estimulará a secreção da pepsina e ácido clorídrico, que irão atuar na digestão. Uma vez digeridas, as moléculas são absorvidas e enviadas ao sangue, que por meio dos vasos sanguíneos comunica-se com todas as células do corpo, de modo que a energia contida nos alimentos seja aproveitada para realização de trabalho celular. Nesse exemplo é possível perceber como um único processo – a digestão – relaciona diferentes estruturas e funções por meio da comunicação.

Outro conteúdo-chave dentro da categoria “comunicação” é o “uso da energia biológica”, essencial para compreensão sobre processos metabólicos. A intenção é criar condições para que os estudantes compreendam como a energia adquirida por meio dos compostos químicos, presentes nas moléculas dos alimentos, é utilizada para realizar o trabalho das células (REECE et al., 2015). Todas as células animais precisam de energia do seu ambiente para crescer, realizar sínteses e se reproduzir. Essa energia é extraída de biomoléculas através do processo de respiração celular, que consome oxigênio e produz dióxido de carbono e água. Quando se ingere mais energia do que o necessário para uso imediato, o excesso é armazenado na forma de glicogênio no fígado e posteriormente como reserva de energia na forma de gordura no tecido adiposo. Aqui é possível perceber a função de diversos sistemas relacionados: digestório, respiratório, circulatório.

Vale ressaltar que as questões mais específicas sobre metabolismo energético não são tópicos de estudo dentro do conteúdo de fisiologia humana, sendo abordados em outro momento escolar, tradicionalmente no estudo de Citologia. Esse conteúdo, no ensino de

fisiologia humana, busca resgatar esses conhecimentos e aprofundar na compreensão sobre o processo de metabolismo humano, produção e uso do ATP para a realização das funções celulares.

Categoria fenômenos

A terceira categoria corresponde aos “fenômenos” fisiológicos e busca abordar o resultado dos mecanismos. Os fenômenos se referem aos resultados dos processos e/ou resultados das interações entre os sistemas, que leva a um comportamento geral e padrão. Segundo Snapir et al. (2017), isso envolve o reconhecimento dos padrões que caracterizam o comportamento do sistema, relacionando e integrando componentes e mecanismos. Uma abordagem relacional de fisiologia humana também requer desenvolver a capacidade de reconhecer que os fenômenos não são alcançados por uma única interação dentro do sistema, mas devido a uma rede de interações, e interagir significa reunir elementos diversos para compreender o todo unificado (SILVERTORN, 2017). O exemplo mais claro do funcionamento dessa rede de interações que geram um comportamento é a “homeostase”, por isso ela é considerada um conteúdo-chave dentro dessa categoria.

Os fisiologistas consideram a homeostase como sendo o conceito central para a compreensão da fisiologia humana (REECE et al., 2015; SILVERTORN, 2017). Esse conceito se refere à ideia de um meio interno relativamente estável. Diversas funções biológicas mantêm certa estabilidade, como frequência respiratória, temperatura corporal, índice de glicemia no sangue. Nesse ponto é recomendável enfatizar que homeostase não significa, necessariamente, equilíbrio, mas sim um estágio em que o meio interno é mantido em uma faixa ou intervalo de valores e não em um valor fixo, exato. O corpo monitora seu estado interno e toma medidas para corrigir perturbações que ameacem a função normal (SILVERTORN, 2017). A manutenção de certa estabilidade do meio interno é a finalidade de diversos processos fisiológicos e para isso os componentes dos sistemas agem em conjunto de maneira a regular o ambiente interno e permitindo a continuidade dos processos que ali ocorrem (CARVALHO et al., 2011).

Nessa abordagem é importante deixar claro para os estudantes que as células não são muito tolerantes às mudanças em seu meio, por isso a homeostase é um processo dinâmico e gera no organismo certa resiliência, isto é, uma capacidade limitada de retornar às condições ideais de funcionamento após uma perturbação externa. A capacidade de manter a estabilidade segue um padrão de autorregulação – as alças de retroalimentação. A resposta pode aumentar o estímulo (retroalimentação positiva) ou reduzir o estímulo (retroalimentação negativa). A homeostase do corpo humano depende principalmente de retroalimentação negativa (REECE et al., 2015). Tomando como exemplo uma pessoa praticando atividade

física intensamente, o calor produzido com a atividade aumenta a temperatura do corpo. O sistema nervoso detecta uma atividade física intensa, por meio de neurônios termorreceptores presentes na pele, no hipotálamo e em outras regiões do corpo, desencadeando o suor. À medida que o corpo transpira, a evaporação da umidade da pele esfria o corpo, ajudando a temperatura corporal a retornar ao valor ideal e eliminar o estímulo (REECE et al., 2015).

A relação entre os componentes é responsável por desencadear um mecanismo e gerar um fenômeno. Se essa relação não ocorrer, o mecanismo não atuará e, consequentemente, não ocorrerá o fenômeno. No exemplo da homeostase térmica, o componente hipotálamo é responsável por diversas funções que iniciam os processos. Ele é responsável por: primeiro, perceber a temperatura sanguínea e processar os estímulos recebidos de neurônios termorreceptores; segundo, sinalizar os vasos sanguíneos da pele, cuja função é irradiar calor à superfície e as glândulas sudoríparas, que tem função de secretar o suor, que dissipará o calor por meio de evaporação.

O que deve ser levado em conta ao se analisar um mecanismo é se há relações causais relevantes (para a produção do fenômeno a ser explicado) entre as partes. Nesse caso, “as glândulas sudoríparas começam a secretar suor *porque* receberam um estímulo do hipotálamo, que disparou esse estímulo *porque* recebeu sinais de células nervosas espalhadas pelo corpo” (CARVALHO et al., 2011, p. 91, grifo dos autores).

Partindo do pressuposto de que a categoria “fenômenos” se refere a um comportamento geral do funcionamento do corpo, e que o corpo humano abrange, além dos aspectos biológicos, os aspectos culturais, uma forma interessante de promover essa discussão em sala de aula seria a abordagem das perturbações que geram um estado de patologia no corpo. Nesse contexto, poderia se utilizar de questões sociocientíficas - QSC como meio de contextualizar como os processos fisiológicos também podem ser influenciados pelo ambiente, além de mostrar que o corpo humano é biocultural. Nesse contexto, a abordagem por QSC busca valorizar aspectos mais amplos da compreensão do corpo, para além de aspectos biológicos, pois abrange aspectos sociais, éticos, políticos e econômicos.

As QSCs caracterizam-se por se tratar de um tema de relevância social, de natureza controversa, introduzida no ensino, no âmbito de uma estratégia didática ou um contexto a partir de uma intervenção educacional, que permita aos estudantes mobilizar e aprender sobre determinados conteúdos, de modo contextualizado e refletido. No aspecto metodológico, as QSCs podem ser abordadas na forma de casos, construídos como breve história, contendo, preferencialmente, diálogos e personagens que se aproximam do(s) contexto(s) sociocultural (is) dos estudantes (CONRADO; NUNES-NETO, 2018; CONRADO et al., 2016; PEREZ; LOZANO, 2013). A obesidade, por exemplo, é um tema que poderia ser usado como QSC. Dentro desse tema, é possível discutir sobre os sistemas fisiológicos, sobre metabolismo,

atividade física, nutrição, concepção ampla de saúde. Além disso, também é possível discutir questões sociais, como por exemplo, autoimagem, *bullying*, influência das redes sociais na relação com o corpo, entre outros. Dessa forma, também seria possível estimular nos estudantes atitudes mais positivas e posturas éticas em relação às questões que envolvem o corpo.

Considerações finais

Neste trabalho buscamos identificar, a partir de referenciais teóricos, como é a abordagem reportada nas pesquisas sobre o ensino de fisiologia humana, propondo uma perspectiva metodológica de abordagem relacional para sistematizar e organizar o ensino dos conteúdos desse tema no Ensino Médio.

Partimos de uma revisão de literatura sobre propostas de ensino de fisiologia humana na educação básica nacional e constatamos que há poucas propostas de ensino voltadas para uma abordagem que abarque um entendimento amplo da fisiologia humana. Esse é um indicativo da necessidade de inserir discussões sobre a importância de metodologias de ensino que tratem do tema de uma maneira mais eficaz, no sentido de entendimento do corpo como um todo. Apostamos na abordagem relacional, pautada na estrutura CMF, para atender a esse propósito.

A estrutura conceitual CMF reúne características da abordagem relacional na medida que engloba o estudo sobre componentes, mecanismos e fenômenos do corpo humano, em conjunto com conteúdos-chave que são essenciais para uma compreensão sistêmica da fisiologia humana. A sistematização das características de abordagem relacional pode auxiliar na proposição de um ensino que seja menos reducionista e mais contextualizado em relação ao conhecimento sobre o corpo humano e seu entorno. Essa é uma necessidade que apontamos, sobretudo, em virtude do levantamento de artigos científicos que realizamos nesse estudo, sobre abordagens no ensino de fisiologia humana.

Os resultados obtidos partir da análise desses artigos nos dão indícios sobre duas questões importantes. A primeira se refere a pouca atenção que é dada a essa área do conhecimento dentro do ensino de Ciências. Algumas hipóteses explicativas podem estar relacionadas ao não reconhecimento da necessidade de tratamento dos sistemas humanos como um todo e a dificuldade inerente à formação de professores, que tendem a reproduzir um modelo de ensino fragmentado.

A segunda constatação se refere ao foco das abordagens. No escopo dos artigos encontrados, na maioria das propostas há ênfase científica e uma valorização apenas de aspectos estruturais dos sistemas, em detrimento da abordagem de aspectos mais amplos e complexos do funcionamento do corpo. Isso, em certa medida, indica uma tendência que

ainda persiste de tratar o conteúdo com base na memorização e no acúmulo de conceitos, tornando a compreensão cada vez mais fragmentada.

Consideramos que, se um dos objetivos do ensino de biologia está em promover um entendimento mais amplo do seu conteúdo, fornecendo parâmetros para relacionar e compreender a complexidade dos fenômenos estudados, é preciso avançar em termos de metodologias didáticas. Nesse sentido, o conteúdo relacionado a fisiologia humana pode ser repensado em termos de uma abordagem relacional em detrimento da usual abordagem fragmentada, que dificulta compreender aspectos relevantes sobre seu funcionamento como um todo.

Essa discussão não se esgota neste artigo; as reflexões sobre as características de uma abordagem relacional da fisiologia humana podem se constituir em uma proposta relevante quando o objetivo for promover um ensino amplo e relacional sobre o funcionamento do corpo humano. Recomendamos que as discussões apresentadas aqui sejam ampliadas, sendo a proposta de organização da abordagem relacional aplicada em outros contextos da Educação Básica, para que avaliemos sua eficácia para o ensino e para a aprendizagem de conteúdos científicos no campo da Biologia.

Referências

- ARAÚJO, L. A. L.; PAESI, R. A. Discutindo evolução biológica no ensino fundamental: uma estratégia didática sobre corpo humano. *Revista experiências em ensino de ciências*, v. 12, n. 7, 2017.
- ASSARAF, B. O.; DODICK, J.; TRIPTO, J. High school students' understanding of the human body system. *ResSciEduc*, v. 43, p. 33–56, 2013.
- AULER, D.; MUENCHEN, C.; FORGIARINI, M.; GEHLEN, S.; GRIEBELER, A.; SANTINI, E. L; SCHENEIDER, C. V. Transporte particular x coletivo: Intervenção curricular pautada por interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade. *Enseñanza de las ciencias*, extra, p. 1-5, 2005.
- CARVALHO, Í. N.; NUNES-NETO, N. F.; EL-HANI, C. N. Como selecionar conteúdos de biologia para o ensino médio? *Revista de Educação, Ciências e Matemática*. Duque de Caxias, v. 1, n. 1, p. 67-100, 2011.
- CONRADO, D. M.; EL-HANI, C. N.; VIANA, B. F.; SCHNADELBACH, A. S.; NUNES-NETO, N. F. Ensino de biologia a partir de questões sociocientíficas: uma experiência com ingressantes em curso de licenciatura. *Indagatio Didactica*, v. 8, n. 1, p. 1132-1147, 2016. <https://doi.org/10.34624/id.v8i1.14254>
- CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. *Questões sociocientíficas, fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas*. Salvador: EDUFBA, 2018.

DINIZ, P. G. Z.; BARROS, M. D. M.; ARAÚJO-JORGE, T. C. Ensino de genética na educação básica: uma revisão sistemática sobre o tema. *Revista ponto de vista*, v. 12, n. 3, 2023.

FIRME, R. do N.; do AMARAL, E. M. R. Analisando a implementação de uma abordagem CTS na sala de aula de química. *Ciência e Educação*, v. 17, n. 2, p. 383-399, 2011.

GOEL, A.; GOMEZ, A.; GRUE, N.; MURDOCK, W.; RECKER, M.; GOVINDARAJ, T. Towards design learning environments I: Exploring how devices work. *Intelligent Tutoring Systems*, v. 1086, 1996.

HMELO-SILVER, C. E.; HOLTON, D.; KOLODNER, J. L. Designing to learn about complex systems. *Journal of the Learning Sciences*, v. 9, p. 247–298, 2000.

HMELO, C. E.; PFEFFER, M. G.; Comparing expert and novice understanding of a complex system from the perspective of structures, behaviors, and functions. *Cognitive science*, v. 28, n. 1, p. 127-138, 2004.

HMELO-SILVER, C. E.; AZEVEDO, R. Understanding complex systems: Some core challenges. *Journal of the Learning Sciences*, v. 15, p. 53–61, 2006.

MACEDO, E. Esse corpo das ciências é o meu? In: MARANDINO, M.; SELLES, S. E.; SERRA, M.; AMORIM, A. C. Ensino de biologia: conhecimentos e valores em disputa. Niterói: Eduff, 2005. Parte 4. p. 131-140

PÉREZ, L. F. M.; LOZANO, D. L. P. La emergencia de las cuestiones sociocientíficas en el enfoque CTSA. *Góndola enseñ. aprendiz. cienc.*, v. 8, n. 1, p 23-35, 2013.

MORAES, V. R. A.; GUIZZETTI, R.; A. Percepções de alunos do terceiro ano do Ensino Médio sobre o corpo humano. *Ciênc. Educ.*, 22, n. 1, p. 253-270, 2016.

PAIVA, A. S. *Princípios de design para o ensino de biologia celular: pensamento crítico e ação sociopolítica inspirados no caso de Henrietta Lacks*. Tese de Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências – Universidade Federal da Bahia, Instituto de Física, Bahia, Salvador, 2019.

REECE, J. B.; URRY, L. A.; CAIN, M. L.; WASSERMANN, S. A.; MINORSKY, P. V.; JACKSON, R. B. Biologia de Campbell. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

RIBEIRO, P. R. C. *Inscrevendo a sexualidade: Discursos e práticas de professoras das séries iniciais do ensino fundamental*. Tese de doutorado – Programa de Pós-graduação em Ciências biológicas: Bioquímica, Instituto de Ciências básicas da saúde. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

RODRIGUES, M. E.; JUSTINA, L. A. D.; MEGLHIORATTI, F. A. O conteúdo de sistemática e filogenética em livros didáticos do ensino médio. *Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. - Belo Horizonte*, v. 13, n. 2, p. 65-84, 2011.

ROSA, I. S. LANDIM, M. F. O enfoque CTS no ensino de ecologia: concepções e práticas de professores do Ensino Médio. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 17, n. 1, p. 263-289, 2018.

SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Ciência & Ensino*, v. 1, p. 1-12, 2007.

SILVA, E. P. de Q. *A invenção do corpo e seus abalos: diálogos com o ensino de Biologia*. 2010. 201f. Tese de Doutorado em Educação - Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, Uberlândia, 2010.

SILVERTHORN, D. U. *Fisiologia humana: uma abordagem integrada*. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

SNAPIR, Z.; EBERBACH C.; BEN-ZVI-ASSARAF, O.; HMELO-SILVER, C.; TRIPTO, J. Characterising the development of the understanding of human body systems in high-school biology students – a longitudinal study. *International Journal of Science Education*, v. 39, n. 15, p. 1-36, 2017.

TRIPTO, J.; ASSARAF, O.; AMIT, M. Recurring patterns in the development of high school biology students' system thinking over time. *Instructional Science*. v. 46, p. 639–680, 2018.

TRIPTO, J., BEN-ZVI ASSARAF, O., SNAPIR, Z.; AMIT, M. The 'What is a system' reflection interview as a knowledge integration activity for high school students' understanding of complex systems in human biology. *International Journal of Science Education*, v. 38, n. 4, p. 564–595, 2016.

SOBRE OS AUTORES

LÍDIA CABRAL. Graduada em licenciatura em Biologia pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Mestre e Doutora em Ensino, Filosofia e História das Ciências pela Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana - UFBA/UEFS. Integrante do grupo de pesquisa Laboratório de Metodologia e Pesquisa Mista em Ensino de Ciências (LAMPMEC) - UFBA. Atualmente é professora de Biologia do Estado da Bahia.

ANA PAULA MIRANDA GUIMARÃES. Professora de Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA)/campus Camaçari. Possui Mestrado e Doutorado em Genética e Biologia Molecular pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas pela mesma Universidade. É professora colaboradora do Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana (UFBA/UEFS). Possui interesse em pesquisa na área de Ensino de Ciências e Biologia. É uma das líderes do Laboratório de Metodologia e Pesquisa Mista em Ensino de Ciências (LAMPMEC) e por fim, é líder do grupo de pesquisa em Ensino de Ciências e Inovações Educacionais (ENCINE) vinculado ao Núcleo de Pesquisa em ensino de ciências (NUPEC) do IFBA.

AMANDA AMANTES. Professora associada do Instituto de Física da Universidade Federal da Bahia, departamento de Física do Estado Sólido. Licenciada em Física, Especialista em Ensino de Ciências, Mestre e Doutora em Educação, pela Universidade Federal de Minas Gerais. Realizou Pós-Doutorado em Neurociência na Universidad de Granada, Espanha, onde desenvolveu pesquisa sobre memória de trabalho e Carga Cognitiva. É uma das líderes do Laboratório de Metodologia e Pesquisa Mista em Ensino de Ciências (LAMPMEC) e desenvolve pesquisas interdisciplinares que envolvem ensino de ciências e neurociência, atuando também na formação de professores através de programas institucionais. É professora

permanente do Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana (UFBA/UEFS).

NOTAS DE AUTORIA

Nome Completo: Lídia Cabral Moreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8374-4616>

Estudante do Programa de Pós graduação em ensino, filosofia e história das ciências, Instituto de Física da Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil. 40170-115, ppgefhc@ufba.br

E-mail da autora: profliadiacabral@gmail.com

Nome Completo: Ana Paula Miranda Guimarães

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7409-7368>

Professora Efetiva do Instituto Federal da Bahia, Campus Camaçari, Avenida Jorge Amado, s/nº, Jardim Limoeiro – Camaçari, Bahia

E-mail da autora: anaguimaraes@ifba.edu.br

Nome Completo: Amanda Amantes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1678-9870>

Professora Associada do Instituto de Física da Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil. 40170-115, ppgefhc@ufba.br

E-mail da autora: amanda.amantes@ufba.br

Como citar esse artigo de acordo com as normas da ABNT

MOREIRA, L. C.; GUIMARÃES, A. P. M.; AMANTES, A. abordagem relacional no ensino de fisiologia humana no ensino médio. Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, Florianópolis, v. 17, p. 1-27, 2024.

Contribuição de autoria

Lídia Cabral: coleta e análise de dados, escrita do manuscrito, discussão dos resultados.

Ana Paula Miranda Guimarães: concepção da pesquisa, análise de dados, discussão dos resultados, revisão da redação.

Amanda Amantes: concepção da pesquisa, desing metodológico, análise de dados, elaboração do manuscrito, discussão dos resultados.

Financiamento

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 00, número: 4301468281004294

Consentimento de uso de imagem

Não se aplica

Aprovação de comitê de ética em pesquisa

Não se aplica

Conflito de interesses

Não se aplica.

Licença de uso

Os/as autores/as cedem à Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia os direitos exclusivos de primeira publicação, com o trabalho simultaneamente licenciado sob a [Licença Creative Commons Attribution \(CC BY\) 4.0 International](#). Esta licença permite que terceiros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho publicado, atribuindo o devido crédito de autoria e publicação inicial neste periódico. Os autores têm autorização para assumir contratos adicionais separadamente, para distribuição não exclusiva da versão do trabalho publicada neste periódico (ex.: publicar em repositório institucional, em site pessoal, publicar uma tradução, ou como capítulo de livro), com reconhecimento de autoria e publicação inicial neste periódico.

Publisher

Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica. Publicação no [Portal de Periódicos UFSC](#). As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus/suas autores/as, não representando, necessariamente, a opinião dos/as editores/as ou da universidade.

Histórico

Recebido: 16 de abril de 2023.

Revisado: 16 de abril de 2024

Aceito: 06 de junho de 2024

Publicado: 15 de outubro de 2024