

MAPAS CONCEITUAIS COMO FERRAMENTA PARA A APRENDIZAGEM DE EMBRIOLOGIA: UM ESTUDO DE CASO NO ENSINO MÉDIO

CONCEPTUAL MAPS AS A TOOL FOR LEARNING EMBRYOLOGY: A CASE STUDY IN HIGH SCHOOL

Guilherme Orsolon de Souza ¹

1. Doutor em Ciências pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - Campus Seropédica
Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Unidade Valença
E-mail: guilherme.souza@cefet-rj.br
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8615679818466715>
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0651-585X>

RESUMO: A Embriologia trabalhada no Ensino Médio é um dos conteúdos que os estudantes identificam como de 'maior grau de dificuldade' de aprendizagem, especialmente por se tratar de eventos microscópicos, abstratos, com muitas nomenclaturas, diversidade de estruturas complexas e detalhadas. Dessa forma, objetivou-se analisar como os estudantes mobilizam e relacionam seus conhecimentos prévios para a construção de Mapas Conceituais que relacionem as diversas nomenclaturas e as diferentes fases do desenvolvimento embrionário humano. Para isso, desenvolveu-se uma atividade teórico-prática elaborada de forma proativa, construtiva e mediada. Os Mapas Conceituais obtidos demonstraram que os estudantes conseguem (re)estruturar os conhecimentos embriológicos e propor diferentes tipologias esperadas para essa técnica, desde as mais simples, diretas (linear, teia de aranha) até as mais elaboradas (rede conceitual). Observamos, assim, que os Mapas Conceituais podem e devem ser utilizados como uma atividade didática porque viabilizam espaços dialógicos entre docente, estudantes e objetos de estudo, permitindo que conhecimentos prévios sejam mobilizados e novos possam ser interconectados, promovendo um processo de aprendizagem mais significativo, estimulando ainda a criatividade, a autoestima e a autonomia dos estudantes.

Palavras-chave: Ensino de embriologia; atividade teórico-prática; mediação docente.

ABSTRACT: Embryology worked on in high school is one of the contents that students identify as having the 'greatest degree of difficulty' in learning, especially because it involves microscopic, abstract events, with many nomenclatures, a diversity of complex and detailed structures. Thus, the objective was to analyze how students mobilize and relate their prior knowledge to construct Conceptual Maps that relate to the different nomenclatures and the different phases of human embryonic development. To this end, a theoretical-practical activity was developed in a proactive, constructive and mediated manner. The Conceptual Maps obtained demonstrated that students can (re)structure embryological knowledge and propose different typologies expected for this technique, from the simplest and most direct (linear, spider web) to the most elaborate (conceptual network). We observe that Conceptual Maps can and should be used as a didactic activity because they enable dialogic spaces between teachers, students and objects of study, allowing previous knowledge to be mobilized and new ones can be interconnected, promoting a more meaningful learning process, also stimulating students' creativity, self-esteem and autonomy.

Keywords: Teaching embryology; theoretical-practical activity; teaching mediation.

INTRODUÇÃO

O estudo do desenvolvimento humano é apresentado na matriz curricular do Ensino Médio através da temática denominada ‘Embriologia’ ou ‘Embriologia Humana’. Aborda desde a anatomia dos aparelhos reprodutores feminino e masculino, a formação de células reprodutivas (gametogênese), a concepção (a fecundação, a formação do zigoto e a nidação), o desenvolvimento embrionário (fases da embriogênese e da organogênese) até o nascimento (Moore; Persaud; Torchia, 2021).

Embora o estudo da Embriologia seja importante para a integração com outros conhecimentos sobre o corpo humano, anatomia e fisiologia comparadas, “[...] é uma disciplina extremamente descritiva e rica em aspectos estruturais e morfológicos, uma vez que descreve cada uma das etapas do desenvolvimento humano.” (Pires, Silva; Barbosa, 2021, p. 417). Assim, os conhecimentos expressos na Embriologia para o Ensino Médio tendem a ser identificados pelos estudantes como de ‘maior grau de dificuldade de aprendizagem’, sobretudo, por se tratar de eventos microscópicos, a apreensão tanto das fases, das estruturas como da transição entre elas acontece em uma dimensão abstrata, que não pode ser visualizada direta e/ou facilmente pelos estudantes.

Recorrentemente, usam-se unicamente exemplos bidimensionais (figuras, esquemas etc.) ou tridimensionais (peças anatômicas, modelos estáticos etc.) para representar e tentar compreender parte dessa realidade abstrata (Oliveira *et al.*, 2023). Contudo, a Embriologia apresenta-se com grande quantidade de nomenclaturas e diversidade de estruturas complexas e detalhadas, muitas vezes apresentadas de modo superficial, sem estímulos ou movimentos que envolvam a associação entre essas terminologias, conceitos e/ou processos. Por consequência, a aprendizagem dessa temática se torna desestimulante, enfadonha e pouco eficaz (Mello *et al.*, 2010; Vale; Zuanon; Sales, 2020; Pires, Silva; Barbosa, 2021).

Assim sendo, primeiramente é preciso pontuar que o processo de ensino-aprendizagem em Biologia, dirigido epistemologicamente no empirismo, tem como foco a transmissão-recepção de conceitos, de fenômenos e de processos esvaziados de significados e, na realidade, desconectados das relações entre contextos sociais, históricos, e o próprio conhecimento científico, biológico. Em razão disso, os estudantes demonstram dificuldades e limitações quando convocados à análise, à interpretação, à intervenção e à tomada de decisões de modo crítico, diante de um mundo repleto de questões científicas, biológicas e, neste caso, embriológicas (Mello, 2013; Muenchen; Delizoicov, 2014; Pires, Silva; Barbosa, 2021).

No mundo contemporâneo, repleto de *fake news* e negacionismos científicos, as questões científicas, tecnológicas, sociais, ambientais, entre outras, estão postas, exigindo dos estudantes posicionamento crítico para a tomada de decisões seguras e assertivas. Consequentemente, deve-se considerar que, para a Educação em Ciências que precisa se estabelecer nas escolas, já

não corresponde mais a um processo de ensino-aprendizagem circunscrito à transmissão-recepção-memorização-reprodução de nomenclaturas e de conceitos (Krasilchik, 2016). Como discutido por Novak; Cañas (2010, p. 15), “O aprendizado mecânico contribui muito pouco para as nossas estruturas de conhecimento, portanto, não pode servir de base para o pensamento criativo ou para a resolução de problemas novos.”

Objetivando superar essa questão, deve-se investir em abordagens pedagógicas e didáticas que estruturam o processo ensino-aprendizagem de forma construtiva, crítica, criativa, proativa e colaborativa, portanto, emancipatória e transformadora, auxiliando os estudantes a se tornarem autores de seus discursos (Libâneo, 2010). Desse modo, mobilizou-se uma matriz teórico-metodológica que posiciona a aprendizagem como processo de significação. Com a articulação das dimensões epistemológicas e metodológicas, é possível compreender também que essa perspectiva científica aglutina, invariavelmente, diferentes áreas de conhecimentos, outras disciplinas escolares, outros contextos sociais, históricos, econômicos, ambientais etc., superando, assim, a esfera conceitual-conteudista (Machado; Orsolon-Souza, 2018).

À vista disso, as atividades teórico-práticas que se realizam em uma sala de aula de Biologia precisam proporcionar a compreensão integrada dos estudantes, ponderando e associando seus conhecimentos prévios, conectando e situando relações mais significativas entre essas atividades, os contextos e os novos conhecimentos (Moreira, 2011). Da mesma forma, deve-se estabelecer conexões mais estreitas entre o pensamento (ou modos de pensar), a linguagem (ou modos de falar) e a experiência (ou modos de fazer), “[...], mas, sobretudo, a capacidade de juntar todos esses aspectos.” (Arcà; Guidoni; Mazzoli, 1990, p. 24-25), promovendo, assim, sua formação acadêmico-científica, mas, também, humanística e cidadã.

Para tanto, segundo Aguiar; Correia (2013), o Mapa Conceitual (MC) foi uma técnica desenvolvida por Joseph Novak na década de 1970, e pode ser utilizado como uma ferramenta didática que ajuda os estudantes na construção e na estruturação de conceitos e de significados. Segundo esses autores os MCs são:

[...] diagramas proposicionais organizados de forma hierárquica, sempre com o objetivo de responder a uma pergunta focal [...] Além disso, os MCs foram desenvolvidos com base na Teoria da Assimilação através da Aprendizagem e Retenção Significativas de Ausubel, que prevê a organização do conhecimento em conceitos e proposições. Essa visão epistemológica subjaz e justifica a utilização dos MCs em sala de aula como forma de representar os modelos mentais dos alunos (Aguiar; Correia, 2013, p. 142).

Dessa forma, tais diagramas evidenciam os significados atribuídos a conceitos e suas possíveis relações em um corpo de conhecimento embriológico, por exemplo. Emprega-se, ainda,

palavras ou termos de ligação sobre as linhas que interligam os conceitos, estruturando proposições ou unidades semânticas, demonstrando, assim, o significado de uma dada relação conceitual (Coelho; Marques, 2020; Oliveira; Cavalcanti; Aquino, 2023).

O modo como a tipologia do diagrama vai sendo estruturada e, por consequência, como a organização hierárquica dos conceitos vai sendo estabelecida, é possível analisar como os movimentos ou as ações acerca da diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa vão sendo construídas e apresentadas (Moreira, 2011). Dessa maneira, diferentes tipologias para os MCs podem ser encontradas, como:

- 1) MC Radial: quando um conceito anterior único está conectado aos demais conceitos (Aguiar; Correia, 2013).
- 2) MC Linear: quando o conceito anterior está unido com o posterior (Forte, 2007; Aguiar; Correia, 2013).
- 3) MC em Teia de Aranha: quando um ou alguns conceitos se encontram na região mediana do diagrama de onde partem outras relações conceituais (Tavares, 2007).
- 4) MC em Leque: quando o diagrama pode apresentar relações circulares (cíclicas), estrutura hierárquica e/ou relações hierárquicas com ligações cruzadas (Arellano; Santoyo, 2009).
- 5) MC em Rede Conceitual: quando, a partir de qualquer conceito, saem entrelaçamentos que conectam outros conceitos, sem limitações (Forte, 2007; Aguiar; Correia, 2013).

Em outras palavras, à medida que se amplia a compreensão do conhecimento sobre um conteúdo, o MC que inicialmente pode ser apresentado com uma estrutura mais simples - radial/linear/teia - vai sendo modificado, a partir de novas associações hierárquicas entre conceitos, para as mais complexas - leque/rede (Aguiar; Correia, 2013).

Reiteramos que a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa são pontos importantes para serem observados em um MC quando se investe em aprendizagem como processo de significação. Na diferenciação progressiva, um conhecimento preexistente vai sendo modificado gradativamente, ou seja, a partir de um significado mais geral, inclusivo, abrangente, que, ao ser ligado a novos conhecimentos, vai sendo diferenciado a um mais específico, enriquecido. A reconciliação integrativa em um Mapa Conceitual ocorre por meio de ligações cruzadas, ou seja, proposições de relações entre diferentes conceitos são apresentadas, dando indícios de que movimentos mais sofisticados de aprendizagem estão em curso. Verifica-se, portanto, como esses movimentos promotores da 'consolidação da aprendizagem' vão emergindo para que, então, novos conhecimentos possam ser inseridos e trabalhados em uma sala de aula de Biologia (Moreira, 2011; Aguiar; Correia, 2013; Oliveira, Cavalcanti; Aquino, 2023).

Nessa lógica, mediante uma atividade teórico-prática proativa, construtiva e mediada pelo docente, objetivou-se analisar como os estudantes mobilizam e relacionam conhecimentos, expressos nos conteúdos sobre Embriologia trabalhados em sala de aula, para a construção de Mapas Conceituais que refletem e relacionam as diversas nomenclaturas e as diferentes fases ou etapas do desenvolvimento embrionário humano.

PERCURSOS METODOLÓGICOS

Natureza da pesquisa

Nossa investigação tem caráter qualitativo, uma vez que pondera uma realidade não mensurável, calcada na interpretação dos fenômenos, na atribuição de significados, tendo o ambiente natural como fonte direta para se trazer alguma compreensão do contexto no qual se está imerso (Minayo, 2009). Dessa forma, o docente-pesquisador desempenha um papel relevante no processo e na construção dos significados, a partir da observação participante e do contato direto e pessoal com o universo pesquisado (Viktoria; Knauth; Hassen, 2000). Nessa perspectiva, seguindo a proposta de Yin (2005), devido ao detalhamento analítico aplicado a um número reduzido de indivíduos, que não cobra controle sobre eventos comportamentais, mas valoriza a manifestação espontânea do pensamento dos estudantes investigados, este trabalho se caracteriza como um estudo de caso em um contexto dialógico, mediado e recursivo para a (re)construção de significados embriológicos.

Contextualizando o local, os sujeitos da pesquisa e a unidade de ensino

Este trabalho foi desenvolvido com uma turma de segundo ano (20 estudantes, sendo 09 do gênero feminino e 11 do gênero masculino) do curso Médio Integrado ao Técnico em Química, do Centro Federal de Educação Tecnologia Celso Suckow da Fonseca CEFET/RJ, Uned Valença, Brasil. Os dados foram coletados entre maio e agosto de 2024 durante as aulas de Biologia, que ocorriam uma vez por semana com uma hora e quarenta minutos de duração (dois tempos de aulas semanais).

Utilizou-se a unidade de ensino denominada Embriologia que, ao longo de um trimestre, abordou, por meio de textos diversos, imagens, ilustrações, esquemas e exercícios contextualizados e problematizados, as diversas nomenclaturas, as diferentes etapas e os processos relacionados à embriologia humana como: anatomia dos sistemas reprodutores feminino e masculino, gametogênese, fecundação, tipos de ovos e a clivagem do zigoto, nidação, formação dos folhetos embrionários (ectoderma, endoderma e mesoderma), etapas da embriogênese (mórula, blástula, gástrula e nêurula) e formação de anexos embrionários, por exemplo.

Sobre a construção e a análise dos Mapas Conceituais

Foi desenvolvida uma atividade demonstrativa para nortear os estudantes, seguindo as orientações de Aguiar; Correia (2013) para construção, e que também servirá para a análise dos Mapas Conceituais (MCs):

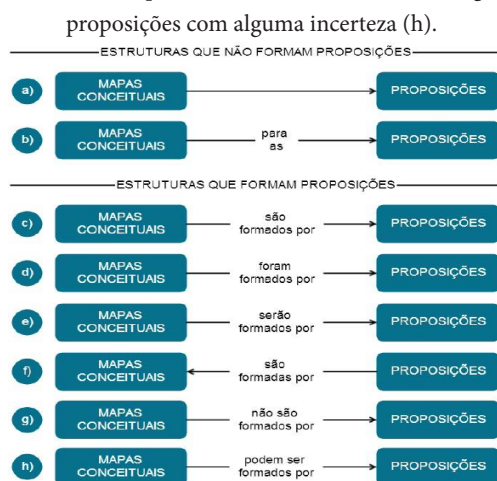
a) As proposições entre os conceitos devem ser semanticamente claras, ou seja, os termos de ligação devem aparecer obrigatoriamente. Deve-se evitar, principalmente, inversão do sentido da seta e a adição de advérbios de negação que levariam a proposições equivocadas (Figura 1).

b) Uma pergunta focal deve ser apresentada aos estudantes para delimitar a finalidade, o propósito do MC. Nessa atividade, utilizou-se: ‘Que associações podemos propor entre as diversas terminologias e as diferentes etapas e estruturas do desenvolvimento embrionário humano que estudamos em Embriologia?’

c) Apresentação de hierarquização dos conceitos como um elemento que estrutura a rede de proposições do MC;

d) O MC pode e deve ser revisado para modificação do conhecimento apresentado, seguindo possíveis mudanças na compreensão conceitual do mapeador.

Figura 1: Demonstração de estruturas semânticas não propositivas (a, b), propositivas (c); propositivas com alteração de sentido por mudança de tempo verbal (d, e); proposição errada pela inversão do sentido da seta (f) ou pelo acréscimo de advérbios de negação (g);



Fonte: Aguiar; Correia (2013, p. 145-146).

Para ampliar nossa análise, a aula foi audiogravada e uma matriz analítica foi estruturada (adaptada de Mortimer *et al.*, 2007). Nessa matriz, registram-se categorias como o tema, o conteúdo do discurso do docente, as interações e a abordagem de comunicação realizadas durante a construção dos MCs. Desse modo, auxilia na delimitação de sequências interativas que são apresentadas através das falas ou turnos enumerados e se estabelecem

como as menores unidades de análise. Isto permite evidenciar as mediações do docente e os movimentos que os estudantes realizam acerca de processos de construção dos significados de caráter científico e, nesse caso, embriológico. Por questões éticas, na apresentação das transcrições das falas, os nomes dos estudantes foram substituídos por nomes fictícios.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar de a Embriologia trabalhada no Ensino Médio ser reconhecida como uma disciplina descritiva, abstrata, imersa em uma dimensão microscópica, repleta de nomenclaturas, de estruturas complexas e detalhadas (Mello *et al.*, 2010; Vale; Zuanon; Sales, 2020), os 20 MCs elaborados pelos estudantes ajudaram na mobilização e na articulação de conhecimentos prévios sobre o desenvolvimento embrionário humano que se pretendia trabalhar.

Empiricamente, criaram diferentes proposições de MCs que se aproximaram das tipologias esperadas para essa técnica. Apesar de terem sido observados o acionamento e a mobilização dos conhecimentos prévios para estruturação das primeiras propostas de MCs, nesses primeiros movimentos foram registradas poucas ou mesmo a ausência de termos/palavras de ligação entre os conceitos (Figuras 2A, 3A, 4A e 5A). Quando há inexistência dos termos de ligação, compreende-se que a relação entre os conceitos não é válida, devido à falta de clareza das relações entre eles (Aguiar; Correia, 2013), caracterizando MCs parcialmente construídos e dificultando perceber se o processo de aprendizagem está sendo estabelecido em sala de aula (Novak; Cañas, 2010; Moreira, 2011).

Desse modo, houve a necessidade de novas mediações do docente para que os MCs, em um segundo momento, fossem revisitados pelos estudantes para que, então, apresentassem os termos/palavras de ligação e construíssem MCs mais assertivos, como registrado na sequência interativa (transcritas abaixo nos turnos de 1 a 7), na qual Maria, ao reconstruir o MC3, ainda apresentava dificuldade para compreender o surgimento dos folhetos embrionários.

01. Maria: Professor, não é só quando chega na gastrulação que é formação dos folhetos embrionários tipo o ecto, o meso e o endo? Não é só quando está na gastrulação?

02. Docente: Vamos abrir as imagens da gastrulação pra gente ver?

03. Maria: Eu tô confusa com a formação dos folhetos embrionários!

04. Professor: Calma! Vamos lá! A gastrulação acontece quando a blástula que tem um folheto, uma camada de células, ela começa a dobrar para dentro da cavidade, aqui nessa região. Então essa estrutura passa a ter uma camada ou folheto interno e outro externo. No fim da gástrula teremos a formação do blastóporo, dois folhetos embrionários: o ectoderma e o endoderma.

05. Maria: Então vem o ecto, depois vem o endo e por último vem o meso?

06. Professor: Sim. O mesoderma se formará durante a neurulação. Observe essa imagem aqui! [Mostra uma ilustração sobre a neurulação]

07. Maria: Agora eu entendi! Vou refazer!

Apesar de conseguir mobilizar seus conhecimentos prévios a respeito dos folhetos embrionários, Maria demonstrou certa dificuldade em localizar temporal e anatomicamente o surgimento deles (turno 01). O docente inicia uma mediação associando a técnica de construção de MCs que estava em curso e a observação de uma ilustração sobre as etapas de gastrulação e de neurulação para ir posicionando, no tempo e na anatomia do embrião, a localização do ectoderma, o surgimento do endoderma e, posteriormente na neurulação, o desenvolvimento do mesoderma (turnos 02-04). Nesse movimento conjunto entre os conhecimentos prévios da Estudante, a mediação docente e o objeto de estudo (turnos 05-06), Maria consegue perceber o desenvolvimento dos folhetos embrionários e, aparentemente, superar a dificuldade inicial para se dedicar à reconstrução de seu MC (*Agora eu entendi! Vou refazer!* Turno 07).

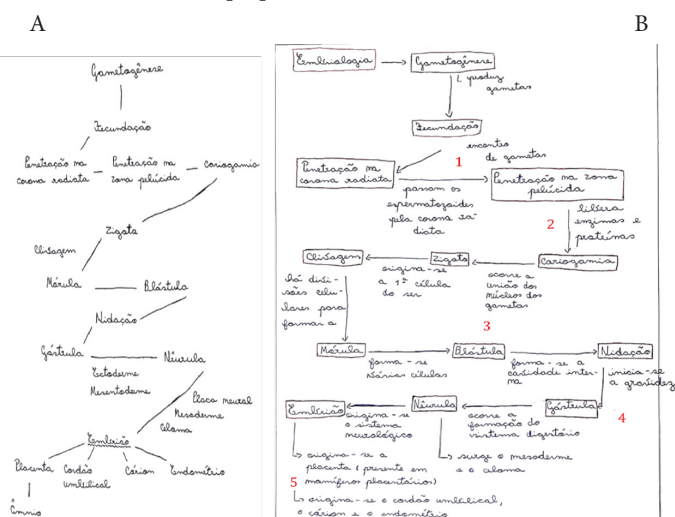
Quando se trabalha com a aprendizagem como processo de (re)construção de significados, deve-se considerá-la como um processo formativo e recursivo, visto a relevância em consentir que “[...] o aprendiz refaça, mais de uma vez se for o caso, as tarefas de aprendizagem. É importante que ele externalize os significados que está captando, que explique, justifique, as suas respostas.” (Moreira, 2011, p. 52). Assim sendo, ao revisitarem a atividade, evidenciou-se que os mesmos quatro exemplos de MCs foram mais bem reelaborados pelos estudantes (Figuras 2B, 3B, 4B e 5B).

Nesse segundo movimento, os MCs apresentaram alguma hierarquização dos conceitos, relacionaram a gametogênese, a fecundação e a clivagem do zigoto com uma das primeiras fases necessárias à formação do embrião. Demonstraram também as etapas da embriogênese na ordem correta de seu desenvolvimento - mórula, blástula, gástrula e nêurula - com algumas indicações de formação de órgãos e tecidos a partir dos folhetos embrionários, ectoderma, mesoderma e endoderma. Mencionaram ainda a formação de anexos embrionários humanos.

Especificamente, o MC1 foi apresentado com tipologia ‘linear’, representando 25% dos MCs realizados em sala de aula. Os conceitos estão associados, prioritariamente, de modo mais hierárquico, indicando, a princípio, uma compreensão mais simples e direta sobre a temática (Ramos; Bagio, 2020). No entanto, ainda que de modo mais reduzido, conseguiu diferenciar progressivamente os principais conceitos, fases e terminologias com termos de ligação bem estruturados: 1- associação do processo de gametogênese e fecundação; 2- clivagem do zigoto e as fases da embriogênese (mórula, blástula, gástrula e nêurula);

3- formação do tubo digestório; 4- surgimento do mesoderma e do celoma; e 5- desenvolvimento dos anexos embrionários dos placentários (Figura 2B). Consequentemente, atingiu de forma mais simples o objetivo inicial do docente.

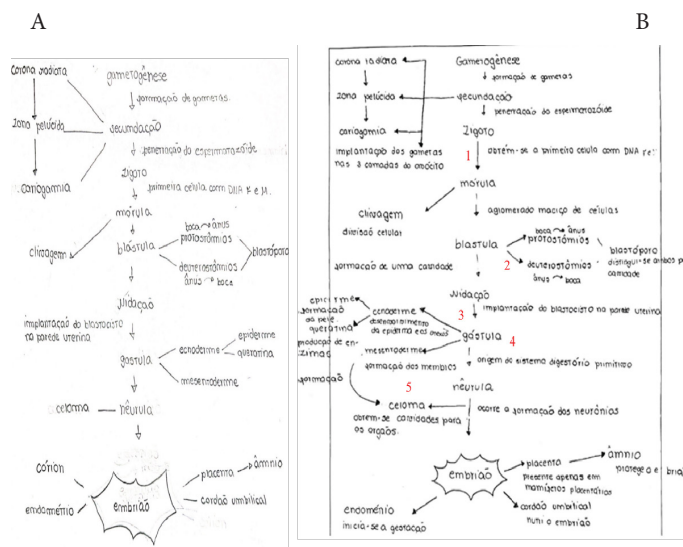
Figura 2: MC1 com tipologia ‘linear’. A: primeira proposta; B: proposta reestruturada.



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

O MC2 caracterizou-se com a tipologia ‘teia de aranha’, apresentando conceitos centrais na região mediana do diagrama, a partir da qual foram criadas outras relações conceituais (Tavares, 2007). Cerca de 15% dos estudantes apresentaram MCs com essa tipologia. Evidenciou-se também a diferenciação progressiva, e alguns exemplos sobre o aprofundamento e a especificidade conceituais como: 1- especificação da composição genética materna e paterna do zigoto; 2- o destino do bastóporo para formação dos grupamentos dos deuterostômios e dos protostômios; 3- a implantação do blastocisto no endométrio (nidação); 4- a composição da gástrula pela endoderme e pela ectoderme, essa com indicação de formação de estruturas e tecidos; 5- interligação de conceitos distintos para indicar a origem (a partir da mesentoderme) e o destino do celoma (como cavidade para alojar órgãos internos); e 6- indicação da formação dos anexos embrionários dos mamíferos placentários (placenta, cordão umbilical e âmnio) após a neurulação. Não houve a indicação da embriologia como temática principal (Figura 3B).

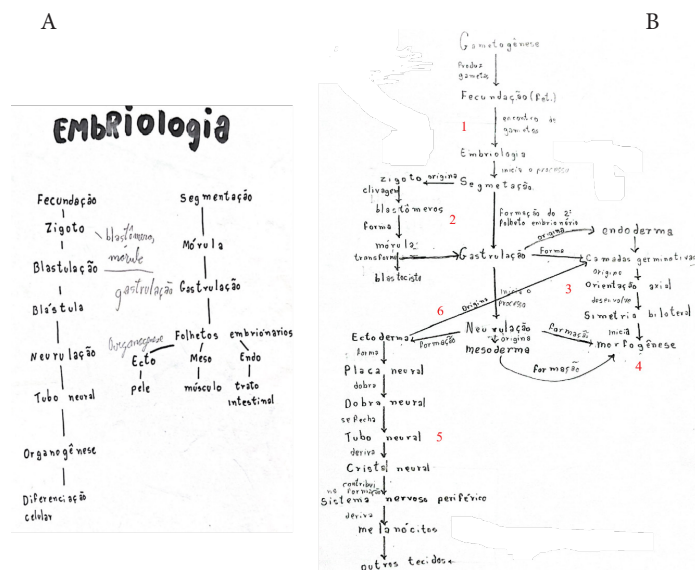
Figura 3: MC2 com tipologia ‘teia de aranha’. A: primeira proposta; B: proposta reestruturada.



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Para o MC3, notou-se um aumento da complexidade das relações entre os conceitos e boa estruturação dos termos de ligação. Foram encontrados 35% dos MCs construídos com tipologia em ‘leque’ (Arellano; Santoyo, 2009). No exemplo abaixo, demonstrou estrutura hierárquica que diferencia progressiva e assertivamente: 1- a gametogênese, a fecundação, a embriologia, a clivagem ou segmentação do zigoto e a embriogênese. Desse eixo principal partiram outras estruturas hierárquicas para explicitar: 2- a segmentação do embrião, formação da mórula, blástula, gástrula e nêurula; 3- a orientação axial (provavelmente se referindo a formação da linha primitiva para início do reconhecimento do eixo craniocaudal e das superfícies dorsal e ventral), a simetria bilateral do embrião conectando a organogênese (morfogênese) a partir da gastrulação; 4- organogênese novamente indicada a partir da neurulação, com indicação da origem da mesoderme; 5- da neurulação parte outra estrutura hierárquica que apresenta o desdobramento da ectoderme em tecido nervoso e em melanócitos, principalmente; e 6- ligação cruzada interligando o ectoderma como um folheto embrionário também relacionado à organogênese, sinalizando o início de uma proposta de reconciliação integrativa entre conceitos posicionados em regiões distintas do MC (Figura 4B). Contudo, mesmo sendo um MC um pouco mais complexo que os dois primeiros, não houve indicação da formação dos anexos embrionários.

Figura 4: MC3 com tipologia ‘leque’. A: primeira proposta; B: proposta reestruturada.



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

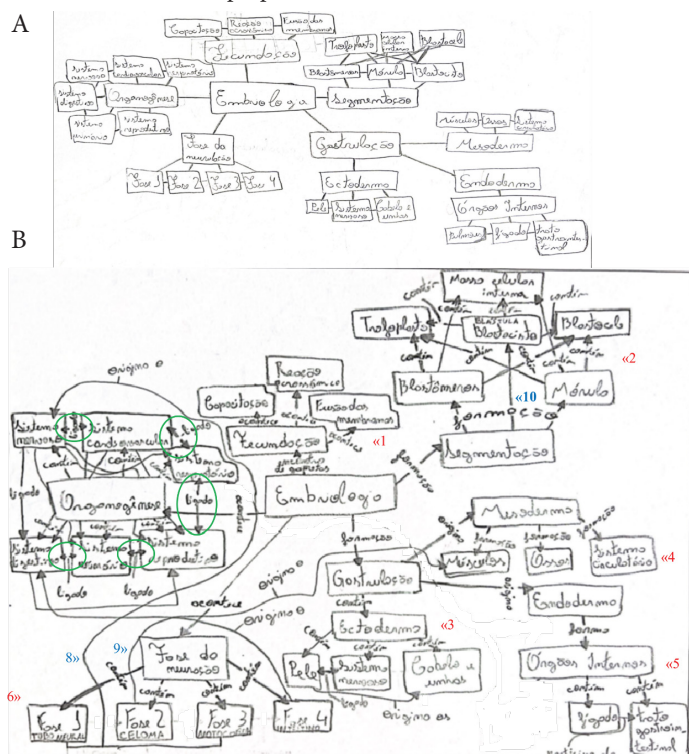
O MC4 apresentou tipologia mista, representando 25% dos MCs propostos pelos estudantes. O segmento ‘leque’ com sete domínios (Arellano; Santoyo, 2009) demonstrou alguma estrutura hierárquica que progressivamente diferencia os principais conceitos da qual emergem algumas relações cíclicas que (Figura 4B, setas vermelhas): 1- relaciona e explica o processo de fecundação; 2- demonstra o início da clivagem com detalhamento sobre as fases de mórula e blástula; 3- indica a gastrulação e o destino do ectoderma para formação da pele e anexos epidérmicos (cabelos e unhas) com indicação da formação do sistema nervoso (provavelmente se referindo a origem do tubo neural); 4- menciona a formação do mesoderma para formação de órgãos e sistemas (sistema circulatório, tecidos ósseo e muscular); 5- aponta o desenvolvimento de órgão internos (fígado e sistema digestório) a partir do endoderma; 6- detalha a etapa da neurulação e o aparecimento do tubo neural, celoma, notocorda e intestino (primitivo); e 7- apresenta a organogênese e a formação dos diversos sistemas (reprodutivo, urinário (excretor), digestório, respiratório, circulatório e nervoso). Contudo, não indicou formação dos anexos embrionários.

Evidenciou-se também que esse MC apresentou segmentos em ‘rede conceitual’ quando, a partir de qualquer conceito, saem entrelaçamentos que conectam outros conceitos, sem limitações (Figura 5B, setas azuis) (Forte, 2007). Ao relacionar conceitos ou grupos de conceitos distribuídos em porções diferentes do MC através de ligações cruzadas, pode-se inferir que a ‘reconciliação integrativa’ foi sendo estabelecida sobre a temática trabalhada, visto que: 8- o tubo neural e a notocorda foram interligados ao sistema nervoso; 9- o celoma foi apontado como região de origem do tecido muscular; e 10- proposição da relação entre a

segmentação ou clivagens para a formação das diversas fases da mórula e da blástula: blastômeros e formação do blastocelo e da massa celular interna (região que irá originar o embrião); mórula também formada pela massa celular interna e por trofoblastos (grupo celular que irá compor a parte embrionária da placenta).

No mesmo sentido, alguns conceitos apresentaram, além de múltiplas associações (como os sistemas nervoso e circulatório sendo interligados a todos os outros sistemas apresentados no MC), algumas ligações com nova grafia, ou seja, setas em ambas as direções (Figura 5B, círculos verdes), tal como: os sistemas nervoso e cardiovascular (circulatório); os sistemas circulatório e respiratório; os sistemas respiratório e reprodutivo; os sistemas reprodutivo e urinário (excretor); os sistemas excretor e digestivo.

Figura 5: MC4 com tipologia mista. Em 'Leque' (setas vermelhas) e em 'Rede Conceitual' (setas azuis). A: primeira proposta, B: proposta reestruturada.



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Nesse cenário, compreende-se que essa proposta de atividade teórico-prática convergiu para o esperado para essa técnica, consolidando uma variedade de representações que os MCs podem proporcionar a um dado conjunto de conhecimentos, inclusive para o estudo da Embriologia. Para os dois primeiros exemplos, não houve proposições de relações inter cruzantes entre conceitos distintos, ficando pouco evidente a 'reconciliação integrativa' quando comparado a MCs que apresentam tipologias mais complexas, como em 'rede conceitual', por exemplo (Novak; Cañas, 2010; Moreira, 2011).

Contudo, foi possível perceber que, também para tipologias mais simples, inicia-se a apreensão dos significados por meio de relações coerentes entre os conceitos e as terminologias que se pretendia trabalhar, passando de MCs pouco explicativos (devido à ausência ou pela pouca apresentação de termos de ligação nas primeiras propostas) para MCs com melhor distribuição, detalhamento e hierarquização entre conceitos, preocupação com os termos de ligação, das terminologias embriológicas e da linguagem científica, dando indícios de algum domínio e de evolução conceitual. Desse modo, entende-se que a proposição de um MC estruturalmente simples não é um fator limitador para a aprendizagem, uma vez que são dinâmicos e podem mudar, visto que:

[...] um mapa conceitual nunca está finalizado. Uma vez concluído o mapa preliminar, é sempre necessário revisá-lo. Outros conceitos podem ser adicionados. Bons mapas geralmente resultam de três ou mais versões (Novak; Cañas, 2010, p. 16).

Nessa perspectiva, nas duas últimas tipologias apresentadas, mesmo sem a indicação dos anexos embrionários, registram-se MCs mais elaborados e complexos com boa hierarquização dos conceitos e cuidado com os termos de ligação, terminologias embriológicas e linguagem científica adequadas. Nesses exemplos, evidencia-se a presença da 'reconciliação integrativa', ou quando relações entre conceitos são estabelecidas, enfatizando as diferenças, semelhanças e intersecções através dos inter cruzamentos das linhas (Moreira, 2011; Oliveira; Cavalcanti; Aquino, 2023).

Segundo Novak; Cañas (2010, p. 10), "na elaboração de conhecimento novo, as ligações cruzadas muitas vezes representam saltos criativos por parte do produtor de conhecimento." Nessa lógica, infere-se que os estudantes podem estar apresentando uma compreensão mais sofisticada, complexa e criativa sobre a temática trabalhada, como registrado no diálogo abaixo, quando Fernando, ao reconstruir o MC4, questionou o docente sobre a possibilidade de indicar relações utilizando setas em ambas as direções da linha de ligação:

01. Fernando: Professor, então esse está ligado nesse e vice-versa! [Aponta uma associação entre os sistemas respiratório e circulatório ao docente]

02. Docente: Sim, estão.

03. Fernando: Então posso ligar todos com todos? Porque esses sistemas respiratório e cardiovascular atendem a todos os outros.

04. Docente: E como você faria?

05. Fernando: Posso fazer uma linha assim, com duas pontas? [Esquematiza para o docente uma linha de ligação entre os sistemas circulatório e respiratório com uma seta para cada direção]

06. Docente: Sim, pode.

O docente, percebendo que o estudante estava propondo um mecanismo não esperado para a grafia do diagrama (turnos 01-05), autorizou a proposição porque entendeu tratar-se de um movimento autônomo, criativo, surgido espontaneamente no curso do desenvolvimento da atividade e, dentro do contexto trabalhado, não se referia a uma possível perda de significado por ‘inversão do sentido da seta’ (turno 06), (Aguiar; Correia, 2013). Fernando está expressando uma conexão interdependente entre os sistemas respiratório e circulatório, o modo como funcionam conjuntamente e como atendem os outros sistemas corporais, uma vez que, para manutenção da homeostase corporal, os gases respiratórios precisam ser trocados ao nível dos alvéolos pulmonares (associação entre os sistemas circulatório, respiratório e outros órgãos/sistemas) e os resíduos metabólicos, tal como compostos nitrogenados gerados pelo metabolismo celular dos diversos tecidos e órgãos, precisam ser carreados para excreção (associação entre o sistema circulatório, outros órgãos/sistemas, sistema excretor), por exemplo.

Ainda que seja um movimento novo que produz uma grafia não esperada, pode e deve ser considerado porque se caracterizou como um pensamento autônomo e criativo, que agrega em si habilidades de análise e de elaboração pessoais (Libâneo, 2010), ou seja, uma tentativa legítima de criação e de demonstração relacional de novos significados embriológico-orgânico-sistêmico. Segundo Novak; Cañas (2010):

Existe uma relação importante entre a psicologia do aprendizado, tal como entendemos hoje, e o consenso crescente entre filósofos e epistemólogos de que a criação de novos conhecimentos é um processo construtivo que envolve tanto nosso conhecimento quanto nossas emoções ou nosso impulso de criar novos significados e novos modos de representar esses significados. Os próprios alunos envolvidos na criação de bons mapas conceituais estão se dedicando a um processo criativo, o que pode ser desafiador, especialmente se esses alunos passaram a maior parte da vida aprendendo mecanicamente (Novak; Cañas, 2010, p. 15).

Assim sendo, a construção de MCs caracterizou-se como uma atividade didática viável para trabalhar a aprendizagem em Embriologia como processo de significação, uma vez que os conhecimentos prévios começaram a se tornar mais complexos e enriquecidos, a partir de movimentos de revisão, de interconexão e de articulação, como feito por Maria e por Fernando em seus MC3 e MC4, respectivamente. Tais movimentos não teriam sido realizados, ou sequer percebidos, se a aprendizagem estivesse sendo realizada mecanicamente (Novak; Cañas, 2010; Aguilar; Correia, 2013; Oliveira, Cavalcanti; Aquino, 2023).

Em outras palavras, ainda que Maria tenha apresentado alguma dificuldade em posicionar, identificar e/ou relacionar o desenvolvimento dos folhetos embrionários, ou que Fernando

tenha proposto novas grafias para os MCs, no curso da discussão e da mediação docente, vislumbra-se o direcionamento para a superação de dificuldades, para compartilhamentos e para delimitação de significados. Ações como essas assinalam a aprendizagem como uma prática social, que pode suscitar tensão ou conflitos, mas também de convergências para a estruturação de novos significados que vão assegurando alguma compreensão sobre as possíveis relações entre os conceitos e os processos embriológicos que se desejava trabalhar (Arcà; Guidoni; Mazzoli; 1990; Moreira, 2011).

Considerando a aprendizagem como um processo (re)construtivo, percebe-se que o espaço dialógico estruturado pelo docente através da elaboração dos MCs permitiu aos estudantes a argumentação, a discussão, a recuperação de conhecimentos a fim de (re)organizarem, diferenciarem progressiva e, em alguns casos, reconciliarem interativamente as nomenclaturas, os conceitos e os processos embriológicos estudados e, dessa forma, dando indícios de que a ‘consolidação da aprendizagem’ começou a emergir e se estabelecer em uma sala de aula de Biologia (Moreira, 2011) e, por inferência, nos auxiliando a superar o ensino meramente conteudista-memorístico (Machado; Orsolon-Souza, 2018).

Desse modo, os estudantes podem estar externalizando diferentes modos como desenvolveram os modos de pensar, os modos de falar, os modos de fazer e, o mais relevante, a capacidade de interrelacionar todos esses aspectos para (re)significarem o objeto de estudo. Isto demanda analisar e considerar o pensamento, a linguagem e a experiência que emergem e se articulam em espaços dialógicos, criativos e (re)construtivos, como em uma sala de aula de Biologia, para uma Educação em Ciências mais abrangente (Arcà; Guidoni; Mazzoli; 1990).

CONSIDERAÇÕES

Os registros e as análises realizadas indicaram que os estudantes conseguem mobilizar e aplicar seus conhecimentos para construir Mapas Conceituais de diversas tipologias, consolidando a variedade de representações que MCs podem proporcionar a um dado conjunto de conhecimentos embriológicos (Aguilar; Correia, 2013). Contudo, foi possível notar que as primeiras propostas de MCs podem trazer grafias incompletas, com poucos ou ausência de termos de ligação, dificultando perceber se o processo de aprendizagem está em curso, necessitando que novos espaços de mediação e de reformulação dos MCs sejam proporcionados aos estudantes. Desse modo, após movimentos de reestruturação, os MCs conseguiram refletir de forma satisfatória e assertiva as nomenclaturas, as associações e/ou as relações entre as diferentes etapas do desenvolvimento embrionário humano, como: a gametogênese, a fecundação, a nidação, a embriogênese (formação dos folhetos embrionários ectoderma, endoderma e mesoderma), a indicação da organo-

gênese e a formação dos anexos embrionários característicos dos mamíferos placentários: placenta, cordão umbilical (Moreira, 2011; Oliveira, Cavalcanti; Aquino, 2023).

Enquanto uma atividade teórico-prática, foi possível compreender que o MC, como uma ferramenta didática recursiva, pode e deve ser utilizada em sala de aula de Biologia porque, ao mesmo tempo que mobiliza os conhecimentos prévios, consegue viabilizar espaços dialógicos entre estudantes, docente e o objeto de estudo, auxiliando na superação das dificuldades presentes em alguns conteúdos e disciplinas, como (re)pensar e (re)posicionar temporal e anatomicamente o desenvolvimento dos folhetos embrionários. E compreendendo a aprendizagem como processo de construção de significados, os conhecimentos preexistentes e os novos conhecimentos puderam ser interconectados, tal qual a proposição da funcionalidade acoplada e interdependente dos sistemas respiratórios e cardiovascular com os outros sistemas corporais que, intrinsecamente, inicia também a construção da ideia de homeostase corporal (Aguar; Correia, 2013; Oliveira, Cavalcanti; Aquino, 2023). Consequentemente, nesse espaço mediado, os MCs conseguem estimular, ainda, o desenvolvimento de outras habilidades de natureza cognitiva como pensamento analítico-reflexivo, autoestima, criatividade e autonomia nos estudantes (Libâneo, 2010; Machado; Orsolon-Souza, 2018).

Dessa forma, indica-se (re)pensar as condições específicas que emergem em uma sala de aula de Biologia, ponderando, também, outras atividades teórico-práticas como simulações (digitais ou não), apoiadas em contextos dialógicos, mediados e de construção de significados para desdobrar e situar processos de ensino-aprendizagem que relacionem o pensamento, a linguagem e a experiência. Dessa forma, promovendo uma compreensão cada vez mais profunda, abrangente e integrada dos conhecimentos científicos e embriológicos (Arcà; Guidoni; Mazzoli; 1990; Moreira, 2011; Machado; Orsolon-Souza, 2018).

AGRADECIMENTOS

Agradecimento a Filipe Leal da Silva Cadinelli pelo auxílio, pelo monitoramento e pelas sugestões durante a realização das atividades.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, J. G.; CORREIA, P. R. M. Como fazer bons mapas conceituais? Estabelecendo parâmetros de referências e propondo atividades de treinamento. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 2, p. 141–157, 2013.

ARCÀ, M.; GUIDONI, P.; MAZZOLI, P. *Enseñar Ciencia - como empezar: reflexiones para una educación de base*. Barcelona/ Buenos Aires: Paidós, 1990.

ARELLANO, J.; SANTOYO, M. *Investigar con mapa conceptuales: Proceso metodológicos*. De ediciones: Madrid, 2009.

COELHO, L. M.; MARQUES, A. J. Mapas conceituais como facilitadores de aprendizagem, **História & Ensino**, v. 26, n. 2, p. 520-539, 2020.

CORREIA, B. G.; GUIMARÃES, C. R. P. Unidade de ensino potencialmente significativa como elemento facilitador da aprendizagem de ciências biológicas no ensino médio. **Scientia Plena**, v. 16, n. 7, p. 1-14, 2020. DOI: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2020.072701>

FORTE, V. H. *Mapas conceptuales: la gestión del conocimiento em la didáctica*. 2ª ed. México: Alfaomega, 2007.

KRASILCHIK, M. *Prática de Ensino de Biologia*. 4ª edição revisada e ampliada, 5ª reimpressão. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2016.

LIBÂNEO, J. C. *Didática*. São Paulo: Cortez, 2010.

MACHADO, L. C. F.; ORSOLON-SOUZA, G. Das inquietações às questões... aprendizagem e ensino de Biologia nas escolas. **Latin American Journal of Science Education**, v. 5, p. 1-9, 2018.

MELLO, J. M. De; ALVES, A. M. P.; BESPALHOK, D. Das N.; TORREJAIS, M. M.; PUERARI, I. F. Análise das condições didático pedagógicas do ensino de embriologia humana no ensino fundamental e médio. **Arquivos do Mudi**, v. 13, n. 1/2/3, p. 34-45, 2010.

MINAYO, M. C. de S. O desafio da pesquisa social. In: MINAYO, Maria C. de S. (org.). **Pesquisa Social. Teoria, Método e criatividade**. 16. ed. Petrópolis: Vozes, 2009. pp. 09-29.

MOORE, K. L.; PERSAUD, T. V. N.; TORCHIA, M. G. *Embriologia Básica*. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MORTIMER, E. F.; MASSICAME, T.; TIBERGHEN, A.; BUTY, C. Uma metodologia para caracterizar os gêneros de discurso como tipos de estratégias enunciativas nas aulas de Ciências. In: NARDI, R. *A Pesquisa em Ensino de Ciência no Brasil: alguns recortes*. São Paulo: Escrituras, 2007. pp. 53-94.

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro “Física”. **Ciência e Educação**, v. 20, n. 3, p. 617-638, 2014.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. **Práxis Educativa**, v. 5, n. 1, p. 9-29, 2010.

OLIVEIRA, D. M.; SANTOS, C. S. Dos; BORGES, L. M.; MAXIMINO, C.; RAMOS, A. de R. Modelos de representações mentais de estudantes do ensino fundamental sobre temas de ciências. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 22, n. 2, p. 196-211, 2023.

OLIVEIRA, J. A. B. de; CAVALCANTE, P. S.; AQUINO, K. A. da S. Mapas conceituais na avaliação da aprendizagem decorrente de sequências de ensino potencialmente significativas para o Ensino de Ciências. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, v. 13, n. 1, p. 61-77, 2023.

PIRES, D. F.; SILVA, J. R. de F.; BARBOSA, M. L. de O. Rotação por estações no ensino de embriologia: uma proposta combinando modelos tridimensionais e o ensino híbrido. **Revista de Estudios y Experiencias en Educación** – REXE, v. 43, p. 415-436, 2021.

RAMOS, R. P. de; BAGIO, V. A. Mapas Conceituais no Ensino de Ciências: uma estratégia potencialmente significativa para o processo didático. **Revista Exitus**, v. 10, p. 01-26, 2020.

TAVARES, R. Construindo mapas conceituais. **Ciências & Cognição**, v. 12, p. 72-85, 2007.

VALE, J. A. do; ZUANON, Á. C. A.; SALES, Y. A. Biologia em destaque: utilização de um jogo e modelos didáticos para o ensino da Embriologia. **Revista Ponto de Vista**, v. 3, n. 9, p. 1-10, 2020.

VÍCTORA, C. G.; KNAUTH, D. R.; HASSEN, M. de N. A. **Pesquisa qualitativa em saúde: uma introdução ao tema**. Porto Alegre: Tomo editorial, 2000.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2005.