



## Edição Especial

III Congresso Internacional de Ensino - CONIEN  
Universidade do Minho - Braga, Portugal, 2024

# **O ENSINO DE EMBRIOLOGIA A PARTIR DO USO DE MODELOS DIDÁTICO EM 3D: UM RELATO DE PESQUISA**

*"THE TEACHING OF EMBRYOLOGY THROUGH THE USE OF 3D DIDACTIC  
MODELS: A RESEARCH REPORT"*

Vanina Roncaglio<sup>1</sup>  
Ana Lúcia Crisostimo<sup>2</sup>  
Carlos Eduardo Bittencourt Stange<sup>3</sup>

### **Resumo**

O artigo relata os resultados da aplicação de uma sequência didática que versou sobre a construção de estruturas embrionárias no formato tridimensional visando averiguar em que medida o uso pedagógico da impressora 3D contribui para a aprendizagem significativa crítica de conceitos básicos de embriologia. A pesquisa de natureza quali-quantitativa, na modalidade pesquisa participante, foi desenvolvida junto a alunos de duas turmas de primeiro ano do ensino médio da rede pública estadual no município de Guarapuava - PR. Uma turma seguiu o método convencional, enquanto a outra utilizou modelos 3D de estruturas embrionárias. A coleta de dados incluiu anotações da pesquisadora e questionários de pré e pós-testes. Os resultados indicaram diferenças significativas entre as turmas, com a turma experimental apresentando uma aprendizagem mais eficaz, superando barreiras conceituais e construindo representações funcionais das estruturas embrionárias. Sendo assim, a pesquisa demonstrou que a integração de tecnologias educacionais, como a impressão 3D, pode despertar o interesse dos alunos e melhorar a aquisição de conhecimento, capacitando os estudantes a se tornarem participantes ativos no processo de ensino-aprendizagem.

1 Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Tecnologia (doutorado acadêmico) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) campus de Ponta Grossa.

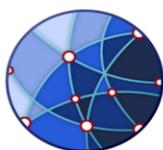
2 Docente do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Naturais e Matemática da Universidade Estadual do Centro-Oeste – PR (UNICENTRO).

3 Docente do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Naturais e Matemática da Universidade Estadual do Centro-Oeste – PR (UNICENTRO).

*REPPE: Revista do Programa de Pós-Graduação em Ensino*

*Universidade Estadual do Norte do Paraná, Cornélio Procópio (PR), v. 8, n. 2, p. 1639-1662, 2024*

*ISSN: 2526-9542*



**III CONIEN**  
Congresso Internacional de Ensino  
PESQUISAS NA ÁREA DE ENSINO:  
IMPACTOS, COOPERAÇÕES E VISIBILIDADE

DE 4 A 6 DE SETEMBRO  
BRAGA - PORTUGAL



**Palavras chave:** Aprendizagem significativa; Ensino de embriologia; Impressora 3D.

### **Abstract**

The article reports the results of applying a didactic sequence that talked about the construction of embryonic structures in three-dimensional format to investigate to what extent the pedagogical use of 3D printing contributes to the critical meaningful learning of basic embryology concepts. The research, of a qualitative-quantitative nature, in the participant research modality, was carried out with students from two first-year high school classes in the state public school system in the city of Guarapuava - PR. One class followed the conventional method, while the other used 3D models of embryonic structures. Data collection included researcher notes and pre- and post-test questionnaires. The results indicated significant differences between the classes, with the experimental class showing more effective learning, overcoming conceptual barriers, and building functional representations of embryonic structures. Thus, the research demonstrated that the integration of educational technologies, such as 3D printing, can spark students' interest and improve knowledge acquisition, empowering students to become active participants in the teaching-learning process.

**Keywords:** Significant learning; Embryology teaching; 3D printer.

### **Introdução**

O ensino de biologia é frequentemente apresentado de maneira fragmentada e descontextualizada do universo dos alunos, onde o conteúdo não se torna significativo, prejudicando o processo de ensino-aprendizagem. Particularmente, essa conjuntura se acentuada no ensino de embriologia, uma vez que é um processo que ocorre simultaneamente em uma escala macro e microscópica do embrião. Os alunos apresentam dificuldades em compreender os conceitos e criar mentalmente imagens tridimensionais dos processos envolvidos no desenvolvimento embrionário animal. A embriologia possui uma extrema importância na compreensão do desenvolvimento dos seres vivos, sua formação, entre outras questões. Conceitos de classificação como a presença de celoma e destino do blastóporo, por exemplo, são explicados à luz da embriologia. Porém, o ensino dessa disciplina, atualmente, é desestimulante e pouco efetivo. A dificuldade apresentada pelos alunos se acentua devido à predominância de recursos didáticos pouco interativos baseados apenas em textos e ilustrações bidimensionais (GOMES, 2018).

Os alunos se encontram, a partir do início do século XXI, em uma era de tecnologias educacionais fartas e promissoras. Por essa razão, tentar estimular a curiosidade dos educandos em uma aula expositiva, apenas com figuras ilustrativas no livro didático, apostilas ou banners didáticos é pouco eficiente. Os métodos

tradicionais de ensino são deficitários nesse sentido, uma vez que o alunado nasceu em um mundo mergulhado na era digital. Neste contexto, é possível apontar dificuldades encontradas pelos professores de biologia para explicar esse conteúdo: desinteresse dos alunos e dificuldade ao acesso às estruturas embrionárias de forma tridimensional.

Alves, Zuanon e Sales (2020) destacam que aulas atrativas despertam a curiosidade e o interesse dos alunos, tornando-se assim um instrumento facilitador do processo de ensino-aprendizagem, ao disponibilizar estratégias para atingir os objetivos educacionais por meio da investigação coletiva e colaborativa. Essas ações despertam a reflexão crítica, a imaginação e a criatividade quando diante do objeto de estudo ou situação-problema. Para Santos (2010), o aluno precisa se sentir sujeito de sua aprendizagem. Partindo dessa perspectiva, o papel do professor vai além de ministrar conteúdos, devendo ser um facilitador da aprendizagem, estando apto a superar as diferenças em sala de aula, mudando a metodologia tradicional expositiva do docente e a passividade do discente sendo necessária uma reflexão sobre a prática pedagógica.

Nesse âmbito, a intenção é desenvolver uma aprendizagem significativa, em que o aluno realiza a ação prática a partir da interação cognitiva entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio. Moreira (1999) complementa que o ensino de biologia é relevante quando existe uma abordagem de conteúdos de forma consciente, crítica e histórica. Sendo assim, as atividades devem ter como objetivo propiciar aos professores e alunos condições para discutirem, analisem, proponham, argumentem e avancem na compreensão do seu papel na sociedade.

Diante deste cenário, surgiu a necessidade de encontrar uma metodologia que estimule o aluno do século XXI e, assim, produzir uma aprendizagem significativa dos conceitos de embriologia. As tecnologias virtuais constituem ferramentas didáticas importantes neste contexto e é cada vez mais frequente no ambiente escolar. Os alunos, ao entrarem na sala, esperam que nas aulas sejam contemplados assuntos atualizados e de consenso ao contexto externo, de maneira atrativa e criativa. A impressão em 3D se apresenta como uma alternativa para várias necessidades educacionais. Essa técnica consiste na construção de objetos sólidos, camada por camada, a partir de um arquivo digital com a imagem 3D do objeto, tendo muitas aplicações no contexto escolar.

Mas como a tecnologia de impressão 3D pode propiciar aos alunos do ensino médio uma aprendizagem significativa criativa no conteúdo de embriologia e quais são os benefícios do uso dessas tecnologias para a compreensão destes conceitos? Em resposta a essa questão, foi elaborada uma sequência didática vinculada a um projeto de mestrado envolvendo o *designer* das estruturas embrionárias em três dimensões, a impressão em 3D desses modelos e sua aplicação com alunos do Ensino Médio com o objetivo de averiguar em que medida o uso da impressora 3D contribui para a aprendizagem significativa crítica de conceitos básicos de embriologia. Neste cenário, a referida sequência didática incorporou como elaborar o arquivo digital das estruturas embrionárias, sua posterior impressão e as potencialidades do uso desses modelos no ensino de embriologia.

Este artigo é resultado de uma pesquisa de natureza quali-quantitativa em delineamento experimental a partir da aplicação de uma sequência didática abordando o uso da impressora 3D na produção de modelos das estruturas embrionárias para o ensino de embriologia. A referida pesquisa teve como objetivo geral avaliar o uso dessa ferramenta didática na aquisição de aprendizagem significativa crítica na disciplina de biologia na educação básica, em especial o conteúdo de embriologia.

A pesquisa realizada foi de natureza quali-quantitativa em delineamento experimental com duas turmas de 1º ano do ensino médio, em 2022. Para explorar o conhecimento prévio dos alunos, foram atribuídos vídeos e textos sobre o desenvolvimento embrionário para os mesmos e posterior conversa, problematização e explicação sobre o que foi assistido. Após essa etapa, os alunos desenvolveram os *designers* dos modelos em uma plataforma virtual para modelagem em 3D. Esses modelos foram impressos e explicados pelos alunos na forma de seminários. Os dados foram coletados por meio de pré e pós-testes, relatos dos alunos, anotações e observações do pesquisador. Esta produção se deu a partir da análise dos dados coletados durante as atividades realizadas.

Do processo educativo, ora socializado, depreende-se que o uso de modelos em 3D das estruturas embrionárias despertou interesse, curiosidade e instigou a participação dos estudantes, evidenciando a aprendizagem significativa crítica.

## Aporte teórico

### ***Aprendizagem significativa crítica e o ensino de biologia***

A escola deve preparar o aluno para uma sociedade em constante mudança de valores, conceitos e tecnologias, porém a mesma ainda se ocupa em transmitir conceitos isolados e descontextualizados. Para Moreira (2010, p. 3), “[...] o discurso educacional pode ser outro, mas a prática educativa continua a não fomentar o ‘aprender a aprender’ que permitirá à pessoa lidar com a mudança, e sobreviver”.

Para esse mesmo autor (2010) é preciso investir em uma aprendizagem significativa crítica, que tem como propósito a formação de cidadãos pensantes, conscientes, críticos e atuantes na sociedade, sendo igualmente essencial que o educador se aproprie do aporte teórico que a subsidia. Para Ausubel (1978, *apud* Passeri, 2007), a aprendizagem significativa tem como foco um processo em que uma nova informação se relaciona a um aspecto relevante da estrutura cognitiva de quem está aprendendo. Para esse conceito, Ausubel (1978) dá o nome de subsunçor. Segundo Ausubel (1978):

A essência do processo de aprendizagem significativa é que ideias simbolicamente expressas sejam relacionadas, de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária, ao que o aprendiz já sabe, ou seja, a algum aspecto de sua estrutura cognitiva especificamente relevante (isto é, um subsunçor) que pode ser, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito ou uma proposição já significativa (Ausubel, 1978, p. 41, *apud* Passeri, 2007).

A aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação “ancora-se” em conhecimentos especificamente relevantes (subsunçores) preexistentes na estrutura cognitiva. Assim, novas ideias, conceitos, proposições podem ser aprendidos significativamente enquanto outras ideias e conceitos, estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e funcionem como ponto de ancoragem para os primeiros (Moreira, 2006). Ademais, para ocorrer a aprendizagem significativa, o material a ser aprendido precisa ser relacionável à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não arbitrária e não literal.

O professor, por sua vez, precisa considerar que o aluno possui conhecimentos prévios e, a partir desses, construir uma prática pedagógica para

ancorar novos conhecimentos. Assim, na escola, uma aprendizagem se torna significativa quando está se relaciona à possibilidade de os alunos aprenderem por múltiplos caminhos e formas de inteligência, permitindo-os a usar diversos meios e modos de expressão, sendo protagonista do processo de aprendizagem. Diante do exposto, a aprendizagem significativa crítica, conforme Moreira (2010, p. 7), “[...] é aquela perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela”. Esse mesmo autor complementa:

[...] É através da aprendizagem significativa crítica que o aluno poderá fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, não ser subjugado por ela, por seus ritos, mitos e ideologias. É através dessa aprendizagem que ele poderá lidar construtivamente com a mudança sem deixar-se dominar por ela, manejar a informação sem sentir-se impotente frente a sua grande disponibilidade e velocidade de fluxo, usufruir e desenvolver a tecnologia sem tornar-se tecnófilo. Por meio dela, poderá trabalhar com a incerteza, a relatividade, a não-causalidade, a probabilidade, a não-dicotomização das diferenças, com a ideia de que o conhecimento é construção (ou invenção) nossa, que apenas representamos o mundo e nunca o captamos diretamente (Moreira, 2010, p. 7).

A teoria da aprendizagem significativa crítica propõe 11 princípios que são análogos aos princípios programáticos de Ausubel para a facilitação da aprendizagem significativa, a saber: princípio do conhecimento prévio; a não centralidade do livro didático; o do aprendiz como perceptor/representador; do conhecimento como linguagem, versa que todo conhecimento tem sua linguagem própria, seus símbolos e termos; princípio da consciência semântica onde as palavras não são objetos, elas foram escritas por pessoas com seus conhecimentos prévios e interpretações, então o significado não está nas palavras e sim nas pessoas que as escreveram ou as nomearam; o erro que faz parte do processo de ensino; o princípio nove é sobre a incerteza do conhecimento, diversificação das estratégias de ensino e o abandono da narrativa por parte do professor (Moreira, 2010).

Dentro desta prática pedagógica, tendo os princípios norteadores em mente que o professor deve assumir o papel de mediador do conhecimento, não abrangendo somente o saber, mas também o saber fazer e aprender a aprender, tornando o aluno o protagonista da construção do seu conhecimento, despertando, assim, a curiosidade e o interesse do aluno. Pellizzari *et al.* (2002), neste ínterim, corroboram ser possível garantir a compreensão e a facilitação de novas aprendizagens ao ter-se um suporte

básico na estrutura cognitiva prévia construída pelo sujeito. Moreira (2011) complementa:

[...] ensino centrado no aluno tendo o professor como mediador é ensino em que o aluno fala mais e o professor fala pouco. Deixar o aluno falar implica usar estratégias nas quais os alunos possam discutir, negociar significados entre si, apresentar oralmente ao grande grupo o produto de suas atividades colaborativas, receber e fazer críticas. O aluno tem que ser ativo, não passivo. Ela ou ele tem que aprender a interpretar, a negociar significados, tem que aprender a ser crítico e a aceitar a crítica. Aceitar acriticamente a narrativa do “bom professor” não leva a uma aprendizagem significativa crítica, a uma aprendizagem relevante, de longa duração; não leva ao aprender a aprender (Moreira, 2011, p. 4).

Para o ensino de biologia, em especial a embriologia, a abordagem da aprendizagem significativa crítica é essencial uma vez que essa disciplina tem grande importância para o aprimoramento dos conhecimentos e articulação com as vivências e experiências envolvendo o desenvolvimento humano, transformações tecnológicas entre outras temáticas, desenvolvendo um cidadão crítico e atuante na sociedade.

Moore e Persaud (1994, p. 7) declaram que “[...] o estudo da embriologia é importante por causa dos avanços que propiciam ao conhecimento dos primórdios da vida humana e das mudanças que ocorrem ao longo do desenvolvimento até o nascer”. A embriologia é um tema atual, sendo pertinente em assuntos como o aborto, uso de drogas na gestação, gravidez na adolescência e biotecnologia (Aguiar, 2011).

Ensinar biologia de maneira significativa e crítica é um desafio enfrentado pelos professores, pois é necessário despertar o interesse dos educandos para o assunto. Para que aconteça a aquisição significativa crítica do conhecimento em embriologia, é necessária a compreensão de todo o desenvolvimento embrionário. Desde a embriogênese até a formação do novo ser. Essas estruturas são complexas e abstratas. Para tal compreensão, além de subsunçores, é fundamental que o aluno possua modelos mentais corretos dessas estruturas, para então efetuar as relações cognitivas.

A escassez de ferramentas didáticas diferenciadas no ensino de embriologia gera desinteresse por parte dos alunos, o que afeta diretamente o processo de ensino-aprendizagem. Esse processo vai além de atividades pontuais, sendo necessário o despertar do interesse e curiosidade do aluno, envolvendo os insumos, objetivos e conteúdo que facilitem a busca do conhecimento e o desenvolvimento da

aprendizagem significativa crítica, uma vez que a predisposição para aprender é uma das premissas necessárias para a aprendizagem.

### **O ensino de embriologia na educação básica**

O conteúdo de embriologia é contemplado no primeiro ano do ensino médio e, de acordo com Assmann *et al.* (2004), enfoca todos os eventos desde a fertilização até o nascimento.

[...] abordando os processos de gametogênese, fecundação, clivagem, gastrulação, morfogênese e organogênese, buscando compreender o fenômeno comum e espantoso da embriogênese: a proliferação de uma única célula, o zigoto, que dará origem a um novo ser (Assmann *et al.*, 2004. p. 2).

Conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino médio, (PCNEM), de biologia, a vida é seu objeto de estudo em toda a sua diversidade, conforme o documento, há a recomendação de que os estudos sobre embriologia atenham-se à espécie humana, tendo como foco as principais fases embrionárias, os anexos embrionários e a comunicação intercelular no processo de diferenciação, ressaltando que não é necessário conhecer o desenvolvimento embrionário de todos os grupos de seres vivos para compreender e utilizar a embriologia como evidência da evolução, sendo o principal objetivo compreender como de uma célula se organiza um organismo.

De acordo com Moreira e Massoni (2016), os sistemas biológicos são ordenados e suas propriedades não se restringem às propriedades físico-químicas dos componentes. A organização destes sistemas não é redutível a propriedades inferiores. Os sistemas biológicos armazenam informação historicamente adquirida e frequentemente surgem propriedades que não são explicadas por uma simples análise dos seus componentes. Diante destas situações, a abordagem no ensino de biologia deve ter uma visão holística.

Diante desta perspectiva, o ensino de embriologia deve ser pautado em uma visão histórica e comparada considerando o desenvolvimento embrionário de vários seres vivos e suas relações evolutivas, deixando claro que o PCNEM traz uma visão limitada do ensino significativo para esse conteúdo.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Fundamental (PCNEF) de Ciências, por sua vez, não abordam diretamente o conteúdo de embriologia, trazendo apenas o conteúdo sobre reprodução. Dentro dessa temática é necessário explicar alguns conceitos relacionados diretamente ao desenvolvimento embrionário como fecundação, divisão e diferenciação celular e formação do novo ser.

Esses são requisitos básicos para o aluno compreender a formação do embrião e o desenvolvimento do feto sendo fundamentais para a compreensão do conteúdo específico de embriologia no ensino médio (Brasil, 2002). Com os avanços na área de Ciências da Natureza, saúde e tecnologia, se tornou imprescindível a compreensão holística do conteúdo de embriologia, uma área em que muitas pesquisas têm acontecido tornando necessário um estudo mais aprofundado levando assim a integração desta com outras áreas da ciência tais como a genética, a bioquímica e a fisiologia. As descobertas provenientes destes estudos estão cada vez mais difundidas nos meios de comunicação.

Contudo, a abundância de conhecimentos difundidos pelos meios de comunicação, incluindo as mídias sociais, a população tem poucos subsídios para compreender grande parte das informações recebidas, ao desconhecer os fundamentos do desenvolvimento humano (Assmann *et al.*, 2004). Por outro lado, mesmo o professor de biologia, no contexto escolar, pode encontrar dificuldades para ensinar o conteúdo de embriologia, considerando que é um conteúdo carregado de termos técnicos, acrescido da carência de materiais apropriados (modelos didáticos, por exemplo) para visualização e manejo de exemplares. Neste cenário o professor, na busca de superar estes desafios, pode solicitar aos gestores escolares materiais paradidáticos ou procurar outros meios para facilitar o processo ensino-aprendizagem.

### ***O uso da impressora 3D no ensino de embriologia***

A era atual é caracterizada pela predominância da tecnologia e da informação, fundamentais para o modo de vida da sociedade contemporânea. Avanços tecnológicos como cibernética, automação, engenharia genética e inteligência artificial têm moldado profundamente diversos aspectos da vida urbana (Silveira; Bazzo, 2009). Segundo Ponte (2000) as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) desempenham um papel determinante nas mudanças sociais, exigindo uma constante atualização e adaptação profissional. A tecnologia de impressão 3D emerge como

uma força transformadora, sendo utilizada em diversos setores, como medicina, arquitetura, engenharia e design, possibilitando avanços significativos, como a reconstrução de partes do corpo humano, criação de maquetes detalhadas e prototipagem rápida de produtos.

No ensino de biologia, o uso de experimentação é pertinente para dar significado ao aprendizado dos conteúdos. Segundo Aguiar (2016, p. 35), “[...] nas grades curriculares de vários cursos de licenciatura há disciplinas específicas para esse tema, com o objetivo de ensinar futuros professores a desenvolverem a experimentação e instrumentação na escola”. O uso da impressão 3D como ferramenta metodológica vem ao encontro dessa prática pedagógica, possibilitando a visualização de conceitos. Aguiar (2016) corrobora com essa ideia, afirmando que o ensino pode ser melhorado por meio das atividades práticas, principalmente quando são envolvidos conceitos abstratos ou de difícil visualização. O autor argumenta que os modelos físicos no ensino também possibilitam que estudantes cegos e com baixa visão adquiram conceitos espaciais por meio da manipulação desses objetos.

Os professores, em geral, concordam que a melhoria do ensino passa pelas atividades práticas, porém, raramente elas são realizadas. A fim de superar o problema, professores improvisam aulas práticas e demonstrações com materiais do cotidiano. Ainda segundo Aguiar (2016), para trabalhar as atividades práticas constantemente são encontrados modelos didáticos. Entretanto, o autor alega que esses modelos vão ficando velhos e subutilizados, sendo substituídos pelas simulações virtuais. Os modelos físicos raramente são feitos ou utilizados fora de um instituto educacional devido aos custos envolvidos na produção, manutenção e distribuição.

Por essas dificuldades, esse mesmo autor (Aguiar, 2016) afirma que a tecnologia de impressão 3D tem potencial para reverter esta tendência, sendo possível colher os benefícios dos modelos físicos para as atividades práticas enquanto elimina muitas das dificuldades logísticas que restringem esta forma de educação. As impressoras 3D possibilitam a fabricação de objetos tridimensionais com detalhes complexos de maneira mais simples e rápida. Por essas características, a impressão 3D possibilita que os educadores facilmente consigam criar e produzir seus modelos físicos, podendo ir além.

Segundo Aguiar (2016), a impressão 3D, usada como ferramenta de aprendizagem, ajuda o aluno a pensar diferente estimulando alunos que se

apresentam indiferentes na escola, ao possibilitar que eles aprendam mediante exploração. Contudo, primeiro é necessário a familiarização dos professores com a impressão 3D e com a construção dos modelos em softwares específicos para esse fim. Os professores devem ter cuidados extras com a explicação de conceitos e princípios e, a partir desse ponto, os estudantes poderão prosseguir por “conta própria”, construindo seu conhecimento de maneira significativa.

### **Encaminhamentos metodológicos**

A pesquisa realizada foi de natureza quali-quantitativa, com ênfase na natureza qualitativa, na modalidade pesquisa participante, que conta com a participação dos sujeitos pesquisados, combinando a forma de inter-relacionar a pesquisa e as ações em um determinado campo selecionado pelo pesquisador. Outro ponto a ser considerado é a reflexão do pesquisador sobre como suas pesquisas contribuem na produção do conhecimento por meio da análise de diferentes perspectivas (Cavalcanti, 2012). De acordo com Tumelero (2019), a pesquisa participante busca o envolvimento da comunidade na análise de sua própria realidade e se desenvolve a partir da interação entre pesquisador e membros das situações investigadas, buscando os interesses da comunidade na sua própria análise visando encontrar problemas reais para serem debatidos e estudados.

Neste sentido, a pesquisa participante visa conhecer e agir para encontrar uma ação de mudança em busca do benefício do grupo estudado. Esse tipo de pesquisa tem características próprias, permite integrar um processo de conhecimento e ação entre os participantes. É iniciada a partir de uma realidade concreta e os participantes têm conhecimento do processo. Neste contexto, pode-se empregar métodos tradicionais na coleta de dados, mas procuram-se posturas qualitativas e comunicação interpessoal. Quando essa abordagem de pesquisa é aplicada à educação, proporciona-se um processo de reflexão-ação-reflexão por parte do docente, auxiliando sua prática pedagógica e promovendo mudanças atitudinais e na cultura escolar.

O projeto, ora socializado, foi apresentado ao comitê de ética da Universidade Estadual do Centro Oeste (Unicentro), obedecendo a todas as exigências, sendo aprovado para a aplicação da pesquisa com os educandos pelo parecer nº 3.455.411, datado em 15 de julho de 2019.

A pesquisa foi desenvolvida junto a alunos do primeiro ano do ensino médio da rede pública estadual no município de Guarapuava/PR. Em consonância com Moreira (2009), realizou-se um delineamento experimental envolvendo duas turmas de primeiro ano do ensino médio visando coletar elementos de análise para a dissertação de mestrado intitulada “A Construção de Modelos didáticos na Impressora 3D: Uma Abordagem Significativa para o Ensino de Embriologia”, apresentada em 2020, para a obtenção de título de mestre no Programa de Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática (PPGEN) da Unicentro. A turma A foi a turma controle onde foi aplicada a metodologia tradicional, e a turma B foi a turma experimental onde foi aplicada a metodologia com modelos em 3D das estruturas embrionárias.

Esta pesquisa foi realizada em três fases e teve a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica como norte para a produção e aplicação de modelos das estruturas embrionárias em 3D a serem utilizados na disciplina de biologia, conforme se observa no Quadro 1. Como parte integrante da pesquisa, desenvolveu-se também uma sequência didática no formato de produto educacional, disponível no link <http://tede.unicentro.br:8080/jspui/handle/jspui/1464#preview-link1>, para professores de biologia como proposta de ensino, possibilitando vários desdobramentos e adaptações para outros conteúdos e disciplinas.

**Quadro 1:** Fases da pesquisa

	<b>Turma A (turma controle)</b>	<b>Turma B (turma experimental)</b>
Fase I	Levantamento do conhecimento prévio dos alunos sobre embriologia por meio de um pré-teste com questões abertas.	Levantamento do conhecimento prévio dos alunos sobre embriologia por meio de um pré-teste com questões abertas.
Fase II	Aplicação da metodologia tradicional conforme a sequência didática abaixo: - Aulas 1 e 2: Aulas expositivas, com uso de slides com texto e figuras em duas dimensões das estruturas embrionárias. - Aulas 3 e 4: Leitura e interpretação do livro didático e resolução dos exercícios propostos pelo material didático. - Aulas 5 e 6: Correção oral e coletiva dos exercícios propostos pelo livro didático. - Aula 7: Avaliação escrita sobre o conteúdo ministrado,	Aplicação da metodologia experimental com modelos em 3D das estruturas embrionárias conforme sequência didática abaixo: - Aula 1: Sala de aula invertida. Vídeos sobre estruturas embrionárias, tecidos embrionários e organogênese foram anexados ao Google sala de aula para visualização prévia dos alunos e posterior debate em sala de aula para complementação do conteúdo e sanar dúvidas remanescentes. - Aulas 2 a 5: Designer dos modelos em 3D das estruturas embrionárias no site <i>tinkercad</i> no laboratório de informática a partir da pesquisa dos alunos sobre as estruturas a serem modeladas. - Aula 6: Visita ao Espaço <i>Maker</i> da Unicentro, no bloco do PPGEN. Os alunos conheceram a impressora 3D e puderam imprimir os modelos construídos por eles nas aulas anteriores.

	com perguntas objetivas e discursivas.	- Aula 7: Uso dos os modelos construídos e impressos em aula, comparando com as figuras mostradas nas imagens e vídeos que os alunos assistiram. Os alunos montaram grupos e cada um explicou uma estrutura embrionária, sua formação e desenvolvimento. O conteúdo foi avaliado no formato de seminário com a apresentação das estruturas embrionárias pelos alunos.
Fase III	Aplicação do pós-teste para averiguar a aquisição significativa do conhecimento, comparando a metodologia tradicional com o uso de modelos em 3D. As questões elaboradas para o pós-teste eram abertas o que possibilitou a expressão das opiniões por parte dos alunos.	Aplicação do pós-teste para averiguar a aquisição significativa do conhecimento, comparando a metodologia tradicional com o uso de modelos em 3D. As questões elaboradas para o pós-teste eram abertas o que possibilitou a expressão das opiniões por parte dos alunos.

Fonte: Roncaglio, 2020

A partir da análise dos dados coletados, atribuiu-se classificação em níveis atitudinais para as respostas dadas nos questionários. Os dados foram estruturados em gráficos de frequência simples, conforme o total de participantes em cada aplicação do pré e pós-teste, expressando os dados matematicamente (Stange, 2018, p. 280).

## Resultados e Discussão

A pesquisa foi aplicada em duas turmas de 1ª série do ensino médio. Na turma A, a controle, foi aplicada a metodologia tradicional e na turma B, a experimental, a metodologia com modelos impressos em 3D. Os dados foram coletados por meio de questionários de pré e pós-teste em delineamento experimental que tem como objetivo comparar as mudanças conceituais após a aplicação do projeto, a partir das duas metodologias. As questões dos testes abordaram o conteúdo de embriologia previstos nos PCNEM.

Além dos questionários, foram utilizadas as observações e anotações realizadas pelo professor durante a aplicação do projeto, constituindo o diário de bordo do pesquisador e, também, os relatos realizados pelos alunos. As questões do pré-teste foram as mesmas nas duas turmas e no pós-teste foram usadas as mesmas questões do pré-teste e acrescentadas perguntas de acordo com a metodologia aplicada em cada turma conforme os quadros 3, 4, 5 e 6.

Durante a aplicação do pré-teste, 29 alunos participaram na turma A e 27 alunos na turma B, totalizando 56 alunos. A participação no pós-teste foi de 24 alunos na turma A e 24 na turma B, sendo 48 alunos participantes. A análise dos resultados se deu pela análise descritivo-interpretativa dos dados coletados no pré e no pós-teste (Stange, 2018), atribuindo uma classificação em níveis atitudinais para as respostas dadas nos questionários conforme o quadro 2.

**Quadro 2:** Níveis e escala atitudinal para análise do pré-teste e pós-teste

	<b>Escala Atitudinal</b>
1	Não apresenta nenhum dos conceitos necessários, não possui noções mínimas sobre o conteúdo.
2	Apresenta poucos conceitos, demonstra ter poucas noções sobre o conteúdo.
3	Apresenta poucos conceitos, mas, ainda assim, demonstra ter conhecimento sobre o conteúdo.
4	Apresenta a maioria dos conceitos, demonstra conhecer o conteúdo.
5	Apresenta todos os conceitos, conhece o conteúdo.

Fonte: Stange, Moreira e Villagrà, (2018)

Stange, Moreira e Villagrà, (2018), alertam que a utilização de pré e pós-testes em pesquisas sobre alternativas metodológicas de ensino em relação às aulas tradicionais “[...] traz, em si, o complicador de se poder realizar tabulações sobre respostas dissertativas em questionários de respostas abertas”. Os autores, ressaltam, ainda, que a maior preocupação se dá em evidenciar a eficiência das respostas em relação ao objetivo pretendido com a metodologia diferenciada, uma vez que a correção das respostas dissertativas se constitui em aspectos subjetivos. Sendo assim, são necessários parâmetros prévios de análise.

O objetivo geral, a partir desta proposta de instrumento estrutural referente a análises em questionários tipo pré e pós-testes de perguntas com respostas dissertativas abertas é o de melhor propiciar condições de análise descritivo interpretativa, ponderando as variáveis dependentes e as independentes na proposta de um instrumento tipo questionário. Em relação às variáveis dependentes, consideram-se neste modelo proposto: o conteúdo do enunciado da questão; os objetivos em se fazer a questão ao aluno no teste; a resposta considerada ideal formulada pelo professor a partir de revisões da literatura; os conceitos necessários para se considerar as respostas dos alunos; as relações integradoras a partir destes conceitos; e, os possíveis procedimentos para a resposta. Em relação às variáveis independentes, de modo preditivo consideram-se as dificuldades de conteúdo (incluindo conhecimentos prévios) e de procedimentos

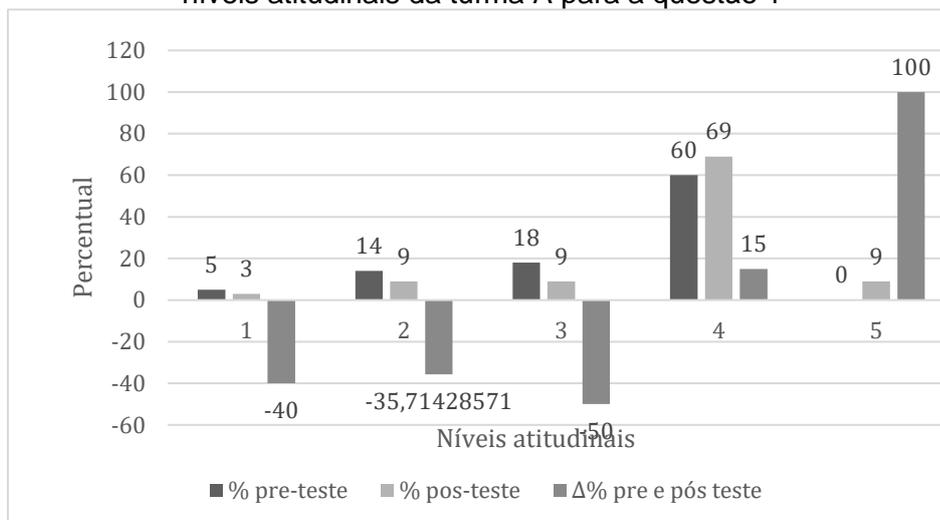
esperadas em pré-teste e em pós-teste (Stange, Moreira e Villagrà, 2018, p.182).

Tendo em vista as variáveis acima mencionadas, Stange, Moreira e Villagrà (2018) dizem que a correção das respostas se estrutura nos conceitos necessários para a elaboração das respostas e cabe ao pesquisador comparar as respostas escritas pelos alunos com o objetivo e a resposta ideal para cada questão. Dessa forma, o pesquisador verifica, em acordo a pertinência e a aplicabilidade explicitada na redação do aluno, se os objetivos foram atingidos e em qual nível de acordo com os parâmetros prévios.

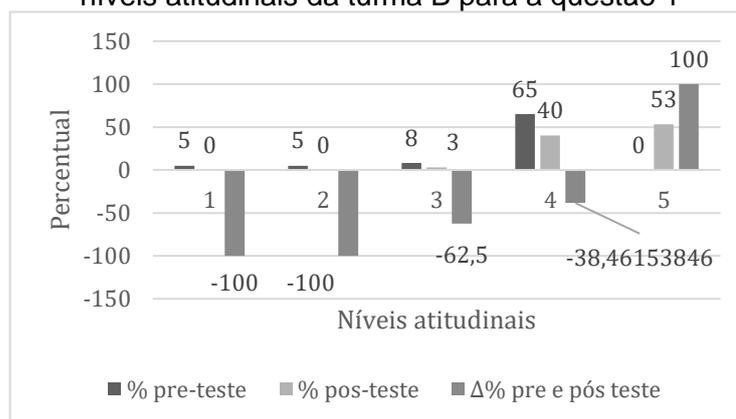
[...] A composição dos descritores tem por critério os conceitos necessários e se a redação do aluno permite identificar elementos que evidenciem que este demonstra ter conhecimentos sobre o conteúdo em linguagem coerente para uma resposta (Stange, Moreira e Villagrà, 2018, p. 183).

Stange (2018, p. 210) ressalta que as análises dos dados obtidos a partir da comparação entre o pré e o pós-teste “[...] permitem depreender movimentos indicativos de aprendizagem, com possibilidade de assimilação de conceitos e de compreensão de conteúdos e temas.” Sendo assim, partindo desses dados, é possível traçar um perfil que pode ser por grupos de alunos, individual ou no total de participantes (Stange, 2018).

Após a análise dos dados coletados, construíram-se 32 gráficos evidenciando a relação de frequência por nível de resposta obtida por meio da seguinte equação: número de respostas do conceito x 100 dividido pelo número total de alunos. Para estabelecer a variação da frequência, foi utilizado o seguinte cálculo: (Valor do pós-teste) - (valor do pré-teste) x 100 dividido pelo valor do pré-teste. Se o resultado desse cálculo ultrapassar 100%, então o mesmo é dividido por 100 para permanecer em uma variação de 0 a 100% (STANGE, 2018, p. 208). Para a socialização dos resultados optou-se por apresentar um recorte da pesquisa selecionando os sete gráficos que melhor explicitam as variações de frequência, com foco nos seguintes aspectos pesquisados: valorização do conhecimento prévio, a não utilização do quadro de giz, participação ativa do aluno, princípio da desaprendizagem e construção de modelos mentais funcionais.

**Gráfico 1:** Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma A para a questão 1

Fonte: Roncaglio, 2020

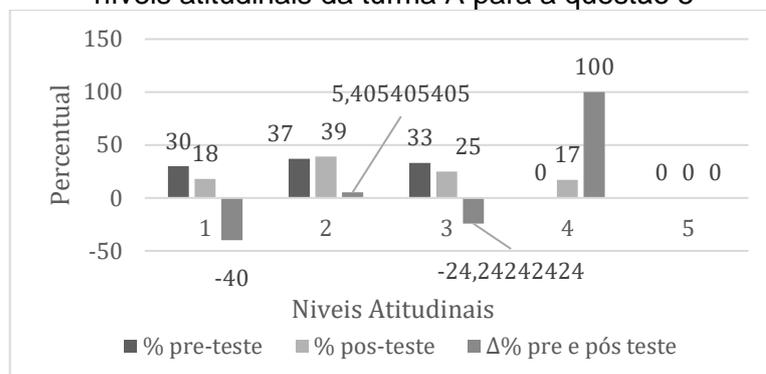
**Gráfico 2:** Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma B para a questão 1

Fonte: Roncaglio, 2020

A questão 1 do pré-teste e pós-testes, apresentada nos gráficos 1 e 2, pergunta o que estuda a embriologia. Os resultados indicam que os alunos possuem um conhecimento básico sobre o campo de estudo da embriologia. No pré-teste, nenhum aluno atingiu o nível 5 de compreensão, sugerindo que a maioria entende o conceito de embrião e reconhece que a embriologia trata do seu desenvolvimento, embora não façam a associação desse desenvolvimento a partir de uma única célula. Houve uma mudança nessa situação no pós-teste, especialmente na turma B, que participou da metodologia envolvendo a construção de modelos embrionários em 3D. Para que ocorra aprendizagem o professor deve considerar o conhecimento prévio do aluno, por isso saber o objeto de estudo da embriologia é o início deste processo.

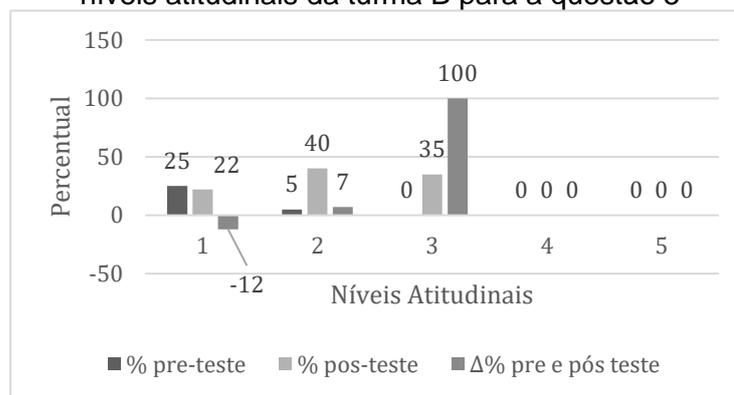
Ausubel (1982), em sua teoria da aprendizagem defende a valorização dos conhecimentos prévios dos alunos como ponto de partida para aprendizagem significativa, viabilizando uma aprendizagem eficaz e significativa.

**Gráfico 3:** Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma A para a questão 5



Fonte: Roncaglio, 2020

**Gráfico 4:** Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma B para a questão 5

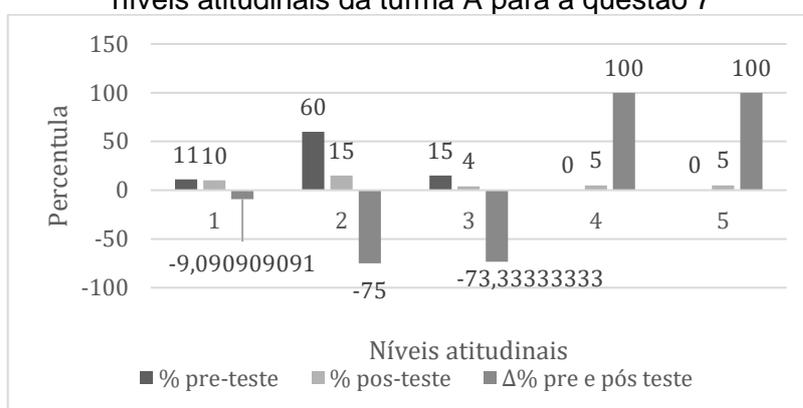


Fonte: Roncaglio, 2020

Os gráficos acima mostram os dados sobre a questão 5 do pré e pós-teste que aborda as estruturas embrionárias e sua relação com o desenvolvimento humano, comparando o desenvolvimento do anfioxo com o humano e destacando suas semelhanças e diferenças. Na turma A, os gráficos mostram um aumento nas porcentagens dos níveis 2, 3 e 4 no pós-teste, indicando a aquisição de conceitos. Na turma B, embora nenhum aluno tenha atingido os níveis 4 ou 5, houve uma variação significativa nas porcentagens dos níveis 2 e 3, sugerindo que os alunos superaram obstáculos de aprendizagem e alcançaram uma aprendizagem significativa crítica ao entenderem melhor as estruturas embrionárias.

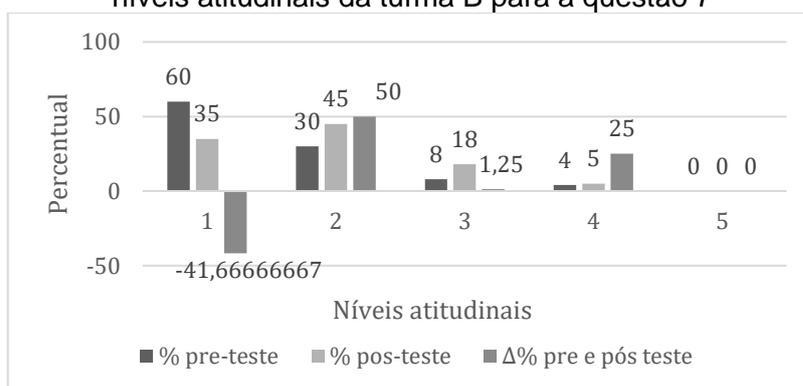
Moreira (2010), traz um conjunto de princípios para a facilitação da aplicação da Aprendizagem Significativa Crítica. A análise dos dados referentes a essa questão evidencia os princípios da não utilização do quadro de giz, colocando o aluno como agente ativo do processo de aprendizagem. Outro princípio relevante abordado nessa questão é o da construção de modelos correlatos. Os alunos, a partir da metodologia de construção dos modelos em 3D passaram a compreender melhor essas estruturas a partir de modelos mentais funcionais.

**Gráfico 5:** Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma A para a questão 7



Fonte: Roncaglio, 2020

**Gráfico 6:** Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma B para a questão 7

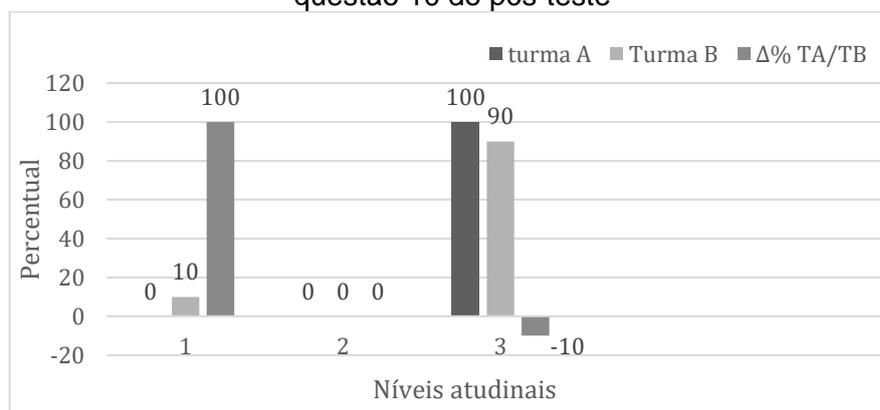


Fonte: Roncaglio, 2020

A questão 7, mostrada nos gráficos 5 e 6, explora a relação entre embriologia e biotecnologia, investigando se os alunos conseguem identificar conceitos de embriologia nas novas tecnologias midiáticas. Na turma A, houve aumento nas porcentagens dos níveis 4 e 5, indicando uma postura mais crítica dos alunos em comparação com a turma B. Na turma B, houve aumento nos níveis 2, 3 e 4, sugerindo que a maioria dos alunos adquiriu conceitos significativos, mesmo aqueles com mais

dificuldades. Para Moreira (2010, p.7), “a aprendizagem significativa crítica é aquela perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela.” Sendo assim o aluno consegue relacionar os conteúdos vistos em sala de aula com o cotidiano de maneira reflexiva. Essa habilidade é crucial para desenvolver pensamento crítico e debater temas polêmicos como aborto, células-tronco e clonagem

**Gráfico 7:** Percentual de respostas e variação percentual entre as turmas A e B para a questão 10 do pós-teste



Fonte: Roncaglio, 2020

A questão 10 do pós-teste, demonstrada no gráfico 7, investiga qual foi a estrutura melhor compreendida em cada turma de acordo com a metodologia utilizada. Na turma A, que foi usada a abordagem tradicional, a maioria dos alunos respondeu que foi a mórula. Mais de 10% da turma não soube ou não quis responder essa questão. As estruturas mais complexas como gástrula e nêurula não foram mencionadas pelos alunos. Na turma B, onde foi usada a metodologia com modelos em 3D a mórula também foi a mais mencionada, as outras estruturas como gástrula e nêurula também foram mencionadas, sugerindo aquisição de conhecimento acerca das estruturas embrionárias.

A análise dessa questão evidencia o princípio da desaprendizagem. Se o aluno possui um modelo mental que não é correlato, o mesmo não é funcional para o processo de ensino-aprendizagem. Por isso a desaprendizagem é importante, pois o aluno não irá usar seu conhecimento prévio como subsunçor, desaprendendo o modelo não funcional e construindo um modelo mental correlato (Moreira, 2010).

Além da análise dos gráficos, foram considerados outros aspectos para a elaboração das considerações finais como as observações particulares do perfil de cada turma, onde a turma A se mostrou maliciosa e com poder aquisitivo melhor, tendo

aparelhos celulares e acesso à internet móvel e residencial. Essa turma tentou burlar os testes, realizando pesquisas online para responder o pré e pós-teste. A turma B se mostrou ingênua, sem acesso fácil à internet e com muitos alunos apresentando laudo de déficit de atenção e de aprendizagem. Esses fatores influenciaram nas respostas e análise dos testes.

Ao analisar os dados obtidos a luz da teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Marco Antônio Moreira, pode-se observar que houve aprendizado nas duas turmas, porém, a aprendizagem significativa crítica se deu na turma B, onde foi aplicado a metodologia dos modelos em 3D. Segundo Moreira (2010), aprendizagem significativa crítica vai além da simples assimilação de informações; ela envolve uma compreensão profunda e reflexiva dos conceitos, permitindo que os alunos questionem e critiquem as informações recebidas à luz de suas próprias experiências e perspectivas.

### **Considerações finais**

O objetivo do trabalho de pesquisa organizado no formato de dissertação de mestrado, ora socializado, foi analisar em que medida o uso da impressora 3D contribui para a aprendizagem significativa crítica de conceitos básicos de embriologia na Educação Básica. Por meio dessa metodologia de ensino, foi possível que os alunos pudessem representar significativamente o conteúdo aprendido. Com base nos seus conhecimentos prévios, o aluno constrói representações internas que muitas vezes não são corretas. Se essa representação é funcional para o aluno, ela se torna um obstáculo para a aprendizagem uma vez que é uma representação inadequada. A superação desse obstáculo promove aprendizagem, pois o indivíduo abandona as percepções errôneas e constrói novos conceitos adequados. Esse é o princípio da desaprendizagem para a aquisição da aprendizagem significativa crítica.

Assim, por meio da construção de modelos em 3D, o aluno desconstrói conceitos inadequados e imprecisos das estruturas embrionárias formados a partir de uma percepção das mesmas por imagens em duas dimensões e constrói representações funcionais e adequadas dessas estruturas. E essa metodologia propicia a facilitação da aprendizagem significativa crítica evidenciando outro princípio, o da não utilização do quadro de giz, que ressalta o uso de diversas estratégias metodológicas, despertando o interesse e o prazer em aprender. Além

disso, o estudante, por meio da modelagem em 3D, constrói uma sequência lógica do desenvolvimento embrionário, sendo correlato com o conteúdo teórico. Nesse sentido, foi possível concluir que houve aprendizagem nas duas turmas. Em muitas questões teóricas do pós-teste, a turma A mostrou um rendimento maior, porém, a mera repetição e memorização de ideias não resultam em aprendizagem propriamente dita.

A análise dos gráficos da pergunta 10 do pós-teste, onde se investiga qual estrutura foi melhor compreendida por meio da metodologia aplicada em cada turma, corrobora essa ideia. A maioria dos alunos da turma A respondeu que foi a fórmula, a estrutura mais simples. Nenhum aluno mencionou estruturas mais complexas. Essa questão não dependia de pesquisas e conceitos, apenas do que foi aprendido. Já na resposta da turma B para essa questão foram mencionadas estruturas mais complexas, como a gástrula e a nêurula, evidenciando a compreensão do desenvolvimento e formação dessas estruturas.

Sendo assim, não se pode negar que é possível supor que houve aprendizado na turma A, porém, considerando as observações da pesquisadora e as análises dos testes aplicados, houve mais aprendizado mecânico na turma A do que aprendizagem significativa crítica. Em contrapartida, na turma B, com base no seu perfil e nas respostas obtidas nos testes, é possível concluir que o uso de modelos em 3D, sua modelagem, impressão e uso em sala de aula contribuiu para a aprendizagem significativa crítica dos conceitos de embriologia.

Os resultados mostraram ainda que os alunos superaram alguns obstáculos epistemológicos construindo representações funcionais das estruturas embrionárias, sendo protagonistas do processo ensino-aprendizagem, desconstruindo conceitos prévios inadequados para a formação do conhecimento significativo. Em se tratando do processo de ensino-aprendizagem observado no desenvolvimento desta pesquisa, percebe-se a atribuição de significados e o aprofundamento de conceitos do conteúdo de embriologia durante o processo formativo.

Em suma, a modelagem tridimensional oportuniza uma abordagem potencialmente significativa para o ensino e aprendizagem, sobretudo na área de ciências naturais, além de produzir materiais didáticos diferenciados e inovadores.

## Referências

AGUIAR, Patrícia Coutinho. **Análise do conteúdo de embriologia no livro didáticos produzido no Timor-Leste pela cooperação brasileira em 2008**. 2011, 41 p. Monografia de Graduação (Licenciatura em Biologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2011. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/1868>. Acesso em: 02 jun. 2021.

AGUIAR, Leonardo de Conti Dias. **Um processo para utilizar a tecnologia de impressão 3D na construção de instrumentos didáticos para o ensino de Ciências**. 2016. 226 o. Dissertação de Mestrado (Ensino de Ciências) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências, Bauru, 2016. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/.../aguiar\\_ldcd\\_me\\_bauru.pdf?](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/.../aguiar_ldcd_me_bauru.pdf?). Acesso em: 20 ago.2021.

ALVES, Juliana; ZUANON, Átima Clemente Alves; SALES, Yuri Almeida. Biologia em destaque: utilização de um jogo e modelos didáticos para o ensino da Embriologia. **Revista Ponto de Vista**, [S. l.], v. 9, n. 3, p. 128–137, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/RPV/article/view/10768>. Acesso em: 26 mar. 2024.

ASSMANN, Andréia; CIPRIANI, Charlene Rosiris; SILVA, Jaqueline Consuelo da; ROCHA, Roberto Torquato. A embriologia humana e a extensão universitária. **Extensio UFSC - Revista eletrônica de extensão**, Santa Catarina, v. 1, n. 1, p. 1-10, ISSN: 1807-0221, maio 2004. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/extensio/article/view/1167>. Acesso em: 05 dez. 2021.

AUSUBEL, D. P. **A Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo, Moraes, 1982.

BORGES, Antônio Tarciso. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Santa Catarina, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607/6099>. Acesso em 02 dez. 2020.

BRASIL. **Ministério da Educação**. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. PCN+ ensino médio: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002. 144 p. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2021.

CAVALCANTI, Daniele Blanco. **Abordagem sociocultural de saúde e ambiente para debater os problemas da dengue: Um enfoque CTSA no ensino de biologia**. 2012, 87 f. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências, Tecnologia e Educação do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2012.

GOMES, M. M. Fatores que facilitam e dificultam a aprendizagem. **Educação Pública**. V. 18, ed. 14, p. 1-14, 2018. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/18/14/fatores-que-facilitam-e-dificultam-a-aprendizagem>. Acesso em: 04 jun. 2024.

MOORE, Keith; PERSAUD, T V N. **Embriologia clínica**. 5. ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 1994.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa**, Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1999.

MOREIRA, Marco Antonio. **A teoria da Aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Universidade de Brasília, 2006.

MOREIRA, Marco Antonio. **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências. A Teoria da Aprendizagem Significativa**. 1 ed. Porto Alegre, 2009. Revisado em 2016. Disponível em <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios6.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2021.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem Significativo Crítico**. 2. ed. 2010. Disponível em <http://moreira.if.ufrgs.br/apsigcritport.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2021.

MOREIRA, Marco Antonio. Abandono da Narrativa, Ensino Centrado no Aluno e Aprender a Aprender Criticamente. **Ensino, Saúde e Ambiente**, v.4, nº 1, p.1-16, 2011. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/ensinosaudeambiente/article/view/21094>. Acesso em: 23 out. 2021.

MOREIRA, Marco Antonio; MASSONI, Neusa. **Subsídios Epistemológicas para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências**. Epistemologias do séc XX. 2ed. Porto Alegre, 2016. 24p. Disponível em <http://moreira.if.ufrgs.br/Subsidios8.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2021.

PASSERI, Maria Elizete. Aprendizagem Significativa no Ensino de Ciências: Alimentos Diet e Light através de recursos tecnológicos. **Site Dia a dia Educação**, 2007. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/662-4.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2021.

PELIZZARI, Adriana; KRIEGL, Maria de Lurdes; BARON, Márcia Pirih; FINCK, Nelcy Teresinha Lubi; DOROCINSKI, Solange Inês. Teoria da Aprendizagem Significativa Segundo Ausubel. **Revista PEC**, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 37 - 42, 2002. Disponível em <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000012381.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2021.

PONTE, João Pedro da. Tecnologias de informação e comunicação na formação de professores: que desafios? **Revista Iberoamericana de educación**, Madrid, n. 24, p. 63-90, 2000. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/3993>. Acesso em: 02 out. 2021.

RONCAGLIO, Vanina. **A Construção de Modelos Didáticos na Impressora 3D: Uma Abordagem Significativa para o Ensino de Embriologia**. 2020. 123 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática - Mestrado Profissional) - Universidade Estadual do Centro Oeste, Guarapuava-PR, 2020. Disponível em <http://tede.unicentro.br:8080/jspui/handle/jspui/1464>, Acesso em: 02 out. 2021.

SANTOS, Almir Paulo dos. Aluno sujeito da avaliação: conselho de classe participativo como instância de reflexão. **Roteiro Joaçaba**, v. 35, n. 2, p. 299-318, jul./dez. 2010. Disponível em <http://educa.fcc.org.br/pdf/roteiro/v35n02/v35n02a06.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2024.

SILVEIRA, Rosimeri Monteiro Castilho Foggiatto; BAZZO, Walter. Ciência, tecnologia e suas relações sociais: a percepção de geradores de tecnologia e suas implicações na educação tecnológica. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 15, n. 3, p. 681-694, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/mzxknTRyQvxGrsQbSNwXgHt/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 02 out. 2021.

STANGE, Carlos Eduardo Bittencourt. **Indicadores de Avaliação sobre Propostas de Atividades Práticas: Instrumentação para Professores de Ciências em Formação**. 2018. Tesia Doctoral – Universidad de Burgos Programa Internacional de Doctorado Enseñanza De Las Ciencias. Departamento de Didácticas Específicas. Burgos, abril de 2018.

STANGE, Carlos Eduardo Bittencourt; MOREIRA, Marco Antonio; VILLAGRÁ, Jesús Ángel Meneses. Proposta de um modelo estrutural descritivo interpretativo para a análise de testes (questionários) em investigação de ensino. **Ensino e Tecnologia em Revista**, Curitiba, v. 2, n. 2, p. 127- 147, 2018. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/etr/article/view/8299>. Acesso em 02 jun. 2021.

TUMELERO, Naína. **Pesquisa participante: O que é, passos metodológicos e pesquisa-ação**. Blog Mettzer, outubro de 2019. Disponível em: <https://blog.mettzer.com/pesquisa-participante/>. Acesso em: 17 abr. 2021.