

Uso de modelos tridimensionais no ensino superior nas disciplinas de embriologia, citologia, genética e biologia molecular

Use of three-dimensional models in higher education in the subjects of embryology, cytology, genetics and molecular biology

Uso de modelos tridimensionales en la educación superior en las asignaturas de embriología, citología, genética y biología molecular

Recebido: 11/09/2022 | Revisado: 17/09/2022 | Aceitado: 18/09/2022 | Publicado: 25/09/2022

Ana Carolina Oliveira Duarte

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5853-1582>
Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil
E-mail: acoliveiraduarte@gmail.com

Livia Cristina Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5668-9631>
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil
E-mail: livia.cristina@ifmg.edu.br

Resumo

Os principais motivos que dificultam a aprendizagem significativa de conceitos e processos biológicos residem no ensino fragmentado e conservador, valorizando somente a reprodução do conhecimento. As práticas metodológicas que favorecem a aprendizagem levam ao entendimento e assimilação de conteúdos que por envolverem, por exemplo, a dimensão microscópica, são de difícil compreensão. Neste contexto, as metodologias ativas se apresentam como um princípio de ensino-aprendizagem de eficácia reconhecida, tendo o discente como protagonista do processo de desenvolvimento do conhecimento, com envolvimento direto, participativo e reflexivo em todas as etapas do processo. Nesse contexto, o presente trabalho objetivou usar metodologias ativas para melhorar o entendimento dos alunos de nível superior acerca de conteúdos de Embriologia, Citologia, Genética e Biologia Molecular. As docentes responsáveis pelas disciplinas propuseram a atividade nas turmas das respectivas disciplinas de Ciências Biológicas (Licenciatura) e Biomedicina. As etapas metodológicas utilizadas foram: levantamento bibliográfico; discussão e abordagem dos conhecimentos obtidos; seleção de materiais visando a conscientização ambiental; elaboração do modelo; utilização dos modelos didáticos construídos; redigir relatório e apresentação. Observou-se com esse relato de experiências a excelente interação e a participação dos alunos nas atividades desenvolvidas. Foram obtidos 14 modelos biológicos, sendo notável a predominância de modelos sobre células. Concluiu-se que o ensino de Biologia à luz das metodologias ativas contribui sobremaneira para a ressignificação do trabalho docente visando melhor desempenho dos estudantes em relação ao processo de ensino e aprendizagem. Além disso foi uma alternativa às aulas práticas que estavam inviáveis no período da pandemia.

Palavras-chave: Ensino; Modelos didáticos; Biomedicina; Ciências biológicas.

Abstract

The main reasons that hinder the meaningful learning of biological concepts and processes reside in the fragmented and conservative teaching, valuing only the reproduction of knowledge. The methodological practices that favor learning lead to the understanding and assimilation of contents that, because they involve, for example, the microscopic dimension, are difficult to understand. In this context, active methodologies are presented as a teaching-learning principle of recognized effectiveness, with the student as the protagonist of the knowledge development process, with direct, participatory and reflective involvement in all stages of the process. In this context, the present work aimed to use active methodologies to improve the understanding of higher education students about the contents of Embryology, Cytology, Genetics and Molecular Biology. The teachers responsible for the disciplines proposed the activity in the classes of the respective disciplines of Biological Sciences (Bachelor's Degree) and Biomedicine. The methodological steps used were: bibliographic survey; discussion and approach of the knowledge obtained; selection of materials aimed at raising environmental awareness; model elaboration; use of the didactic models built; write report and presentation. With this experience report, it was observed the excellent interaction and participation of students in the activities developed. Fourteen biological models were obtained, with a notable predominance of models over cells. It was concluded that the teaching of Biology in the light of active methodologies contributes greatly to the ressignification of teaching work, aiming at better student performance in relation to the teaching and

learning process. In addition, it was an alternative to practical classes that were unfeasible during the pandemic period.

Keywords: Biomedicine; Biological sciences; Didactic models; Teaching.

Resumen

Las principales razones que dificultan el aprendizaje significativo de conceptos y procesos biológicos residen en la enseñanza fragmentada y conservadora, valorando únicamente la reproducción del conocimiento. Las prácticas metodológicas que favorecen el aprendizaje conducen a la comprensión y asimilación de contenidos que, por involucrar, por ejemplo, la dimensión microscópica, son de difícil comprensión. En este contexto, las metodologías activas se presentan como un principio de enseñanza-aprendizaje de reconocida eficacia, con el estudiante como protagonista del proceso de desarrollo del conocimiento, con implicación directa, participativa y reflexiva en todas las etapas del proceso. En este contexto, el presente trabajo tuvo como objetivo utilizar metodologías activas para mejorar la comprensión de los estudiantes de educación superior sobre los contenidos de Embriología, Citología, Genética y Biología Molecular. Los docentes responsables de las disciplinas propusieron la actividad en las clases de las respectivas disciplinas de Ciencias Biológicas (Licenciatura) y Biomedicina. Los pasos metodológicos utilizados fueron: levantamiento bibliográfico; discusión y abordaje de los conocimientos obtenidos; selección de materiales destinados a la sensibilización ambiental; elaboración de modelos; uso de los modelos didácticos construidos; escribir informe y presentación. Con este relato de experiencia se observó la excelente interacción y participación de los estudiantes en las actividades desarrolladas. Se obtuvieron dieciséis modelos biológicos, con un notable predominio de los modelos sobre las células. Se concluyó que la enseñanza de la Biología a la luz de metodologías activas contribuye en gran medida a la resignificación del trabajo docente, visando un mejor desempeño de los estudiantes en relación al proceso de enseñanza y aprendizaje. Además, era una alternativa a las clases prácticas que eran inviables durante el periodo de pandemia.

Palabras clave: Enseñanza; Modelos didácticos; Biomedicina; Ciencias biológicas.

1. Introdução

O ensino tradicional surgiu a partir dos sistemas nacionais de ensino, com maior força nas últimas décadas do século XX, influenciando as práticas educacionais. Este formato de ensino tem foco na transmissão direta de conhecimentos sem confronto com a realidade do discente (Saviani, 2012). No entanto, isto tornou o ensino estático, com transmissão de informação a nível ‘enciclopédico’ e, hierárquico unilateral no sentido docente-discente. De maneira geral, existe uma insatisfação bilateral na transmissão de conhecimento a partir do ensino tradicional no ensino superior. Por um lado, discentes se queixam de aulas totalmente expositivas com exemplos pouco próximos da realidade e aplicabilidade profissional.

As consequências deste cenário, geralmente, recaem em um comportamento passivo e descompromissado do corpo discente (Bartalo & Guimarães, 2008) e baixo estímulo a inovação de tecnologias e produtos educacionais e, formas de aprendizado pelo corpo docente. Afim de favorecer a aprendizagem nas diferentes áreas do conhecimento, cabe ao professor, em qualquer nível de ensino, buscar a diversificação de metodologias e de recursos didáticos, evitando realizar, exclusivamente, aulas do estilo “tradicional”, entendidas aqui como aulas teóricas expositivas não dialogadas, ilustradas ou não, em que o aprendiz é colocado em uma postura totalmente passiva (Meira, et al., 2015).

Neste contexto, as metodologias ativas se apresentam como um princípio de ensino-aprendizagem de eficácia reconhecida (Bollela, et al., 2014). Este princípio é baseado na reflexão profunda, integração, reelaboração de novas práticas, de forma autônoma e participativa, tendo o aluno como protagonista do processo de desenvolvimento do conhecimento, com envolvimento direto, participativo e reflexivo em todas as etapas do processo. A Metodologia ativa tem uma concepção de educação crítico-reflexiva com base em estímulo no processo ensino-aprendizagem, resultando em envolvimento por parte do educando na busca pelo conhecimento (Macedo, et al., 2018). De acordo com Piffero et al. (2020) as metodologias, como elemento norteador do ensino, são de extrema importância, principalmente aquelas que buscam promover uma participação ativa do aluno, aprendizagem significativa, colaboração e autonomia.

Metodologias ativas de ensino se configuram como uma prática educativa diferente, o aluno é desafiado a aprender, assumindo o papel de protagonista. Ao utilizar estas metodologias nas aulas, o docente proporciona o desenvolvimento de diversas habilidades dos estudantes, principalmente o estímulo às descobertas e a ampliação da capacidade de aprender. A

interdisciplinaridade entre diversas áreas do conhecimento a partir de especialidades diferentes permite o confronto de ideias e concepções, contribui para a formação integral dos estudantes e facilita a aprendizagem. Além disso, favorece uma articulação entre o ensino e a pesquisa, promove uma discussão coletiva crítica e reflexiva da realidade (Santos, et al., 2017). Bacich e Morán (2018) evidenciam que as metodologias ativas constituem alternativas pedagógicas que colocam o foco do processo de ensino e de aprendizagem no aprendiz, envolvendo-o na aprendizagem por descoberta, investigação ou resolução de problemas. Nessa teoria, os alunos aprendem cerca de: 10% lendo; 20% escrevendo; 50% observando e escutando; 70% discutindo com outras pessoas; 80% praticando; 95% ensinando. Elaboração de mapas mentais, estruturas, maquetes, hologramas são sugeridos por ser de fácil acesso à alunos de fases diferentes, bem como ser passível de reprodução. As estratégias de ensino estarão relacionadas ao conteúdo estudado pela classe e de maneira geral, serviriam para elucidar o entendimento/ função/ funcionamento do sistema biológico.

Diversos tipos de modelos são descritos na literatura. Gilbert (2004) aborda, entre outros, os modelos (1) mentais, que seriam representações pessoais, que um indivíduo constrói isolado ou em grupo, mas que só se tornam acessíveis aos demais se forem expostas; (2) científicos, que seriam modelos que se tornaram consensuais para um grupo de cientistas; e (3) os didáticos ou de ensino, que seriam aqueles construídos com objetivo exclusivamente educacional, para dar suporte ao processo de ensino e aprendizagem, facilitando a transformação de um conhecimento científico em um conhecimento curricular. Segundo Justi e Van Driel (2006), os modelos de ensino podem ter vários modos de representação: analogias, simulações, desenhos e modelos concretos. Os modelos concretos são tridimensionais e construídos com materiais resistentes, auxiliam nas interpretações espaciais essenciais à compreensão da morfologia (Perotta, et al., 2004) e, por isso, constituem o tipo de modelo bastante utilizado. É importante destacar que não há um método perfeito ou ideal para ensinar alunos a enfrentar a complexidade dos assuntos trabalhados, mas sim haverá alguns métodos potencialmente mais favoráveis do que outros (Bazzo, 2000).

Desde os anos 80, se discute sobre a dificuldade de abordar os princípios básicos da ciência e da metodologia científica no ensino de graduação no Brasil (Maia, 2008). O processo de ensino e aprendizagem em Biologia tem passado por transformações significativas ao longo do tempo, desde as discussões em torno do seu objeto de estudo, como também em torno dos métodos utilizados. Um outro agravante é que muitos professores adotam aulas exclusivamente expositivas para abordar os conteúdos de biologia e correlatos, deixando de estimular a participação ativa dos alunos no entendimento de conceitos muitas vezes complexos e que exigem dos estudantes um maior nível de imaginação (Souto, et al., 2016). Diante das graduais mudanças na Ciência, ocasionadas por contínuas pesquisas, torna-se evidente a criação de novas perspectivas metodológicas para o ensino da Biologia, buscando adequação a novas exigências da sociedade. Diante disso, propõe-se a utilização de modelo didático no ensino superior como recurso facilitador do processo ensino-aprendizagem. A aplicação de recursos didáticos diferenciados é utilizada na tentativa de sanar algumas deficiências observadas em várias disciplinas (Andujar & Fonseca, 2009). Especificamente com relação às Ciências Biológicas, Pedrancini et al. (2007) destacam: Os principais motivos que dificultam a aprendizagem significativa de conceitos e processos biológicos residem no ensino fragmentado e conservador, restringindo o aluno a cumprir tarefas repetitivas, valorizando somente a reprodução do conhecimento e, conseqüentemente, formando apenas repetidores. Segundo Nascimento et al. (2012), as práticas metodológicas que favorecem a aprendizagem podem levar ao entendimento e à assimilação de conteúdos que por envolverem, por exemplo, a dimensão microscópica, são de difícil compreensão. No que se refere a aulas e projetos de ensino e, inclusive, de extensão referentes às Ciências Biológicas, a construção e/ou análise de modelos didáticos têm sido utilizada. Vários são os exemplos dessa utilização nos diferentes campos do conhecimento: em Biologia Celular (Sepel & Loreto, 2003); em Genética (Temp, et al., 2011); em Neurofisiologia (Aversiferreira, et al., 2008); em Zoologia (Nascimento, et al., 2012); em Química (Sousa, et al., 2013), em Histologia (Meira, 2013); Embriologia (Freitas, et al., 2008).

A Biologia Celular/Citologia é a área da Biologia que estuda as células, unidades microscópicas estruturais e

funcionais dos seres vivos. Segundo Guimarães et al. (2016), o conteúdo nela estudado é alicerce para a compreensão da composição e de processos fisiológicos dos seres vivos. O autor ressalta, entretanto, que o ensino da disciplina demanda o uso de recursos didáticos diversos para que os alunos possam compreender a dinâmica celular, a morfologia das estruturas, bem como ter uma referência em relação às dimensões e funções das organelas. Beaulieu e Petit-Turcotte (2018) apontam, inclusive, que a área é bastante fértil para aplicação de propostas lúdicas e interdisciplinares, uma vez que trabalha diretamente com estruturas microscópicas, com um vocabulário totalmente novo e abstrato para os estudantes. No entanto, o ensino-aprendizagem deste conteúdo é uma das problemáticas. O uso de modelos é uma das modalidades didáticas apresentadas para sanar essa carência, sendo apontado como uma forma de demonstração palpável que facilita a compreensão de diversos assuntos, desenvolvimento de habilidade e competência, o que, por sua vez, permite conexões de teorias e a prática (Cavalcante, 2008). O ensino da referida disciplina necessita do uso de modelos didáticos principalmente em se tratando do estudo das células animal e vegetal. Por se tratarem de estruturas microscópicas e conteúdo complexo, o estudo da Biologia da célula se torna uma temática complexa, uma vez que poucos recursos podem ser utilizados em sala de aula para promover a interação do aluno. Justifica-se assim a necessidade da utilização de técnicas diferenciadas no ensino com recursos que facilitem o entendimento do aluno.

O ensino da Biologia Molecular constitui um dos conteúdos de Biologia que mais requer a elaboração de material didático de apoio ao conteúdo presente nos livros texto, já que emprega conceitos bastante abstratos e trabalha com aspectos microscópicos. Além disso, aulas práticas de biologia molecular, muitas das vezes, são dispendiosas pois requerem equipamentos e soluções onerosas. Sendo assim, visando a necessidade de um ensino mais didático sobre aspectos da complexidade celular, a partir de moléculas, células procarióticas, eucarióticas, Teoria Celular e teorias evolutivas, este trabalho propõe a construção e aplicação modelos visuais didáticos em três dimensões dos assuntos abordados, como a molécula de DNA, célula procarionte e célula eucarionte. A visualização e o entendimento dessas estruturas, principalmente numa perspectiva integrativa, têm sido de grande dificuldade por parte dos alunos, tanto do ensino superior. Um outro agravante é que muitos professores adotam aulas exclusivamente expositivas para abordar os conteúdos de genética e biologia celular, deixando de estimular a participação ativa dos alunos no entendimento de conceitos muitas vezes complexos e que exigem dos estudantes um maior nível de imaginação (Souto, et al., 2016).

O ensino da Embriologia requer a elaboração de material didático de apoio ao conteúdo, pois a grande maioria das instituições de ensino não possuem equipamentos e materiais de laboratório para a elaboração de aulas práticas que auxiliem no aprendizado deste conteúdo. A importância da Embriologia está, portanto, em explicar a origem da estrutura humana normal e das malformações congênitas (Moore, et al., 2013). Por isso, tal estudo é essencial para os cursos de graduação das áreas das ciências da saúde e das ciências naturais e complementando conteúdos da Biologia Molecular e da Genética, por exemplo. Para Jotta (2005) a embriologia estuda as etapas e os mecanismos de formação de embriões, cujo significado para os seres vivos está atrelado à perpetuação da espécie. O estudo da embriologia evidencia os eventos desde a fertilização até o nascimento, abordando os principais processos iniciais. Assim, busca-se compreender o fenômeno biológico típico, comum e espantoso da embriogênese: a proliferação de uma única célula, o zigoto, que dará origem a um novo ser. Pode-se dizer que a falta de material apropriado é um fator limitante, porém é necessário buscar recursos pedagógicos para se trabalhar os conteúdos. Apesar de todas as dificuldades encontradas, o ensino de Embriologia, principalmente as primeiras fases do desenvolvimento embrionário humano, é de suma importância para o aluno, pois a partir desse pressuposto terá noção de como se inicia a formação de uma nova vida, as primeiras divisões celulares e o que irá originar cada uma das fases, proporcionando uma melhor compreensão da vida e também para o desenvolvimento de conteúdos posteriores. Uma das maiores dificuldades no ensino de Biologia do Desenvolvimento é a dinâmica da evolução estrutural que geralmente é feita por meio de uma limitada sequência de imagens estáticas e a dificuldade de captar a dimensão espacial das modificações temporais e de

desenvolvimento, torna a aprendizagem pouco ou nada compreensível (Oliveira, et al., 2012). A utilização de modelos didáticos pode tornar o ensino de Biologia do Desenvolvimento mais dinâmico e poderá resolver ou minimizar a falta de recursos de muitas instituições na aquisição de material didático (Freitas, et al., 2008).

Klautau et al. (2009) apontam que os estudantes universitários consideram a genética como a disciplina de mais difícil entendimento da área da Ciências Biológicas. E segundo Lorbieski et al. (2010), uma das explicações para o não entendimento do conteúdo de genética é a forma de transmissão do mesmo pelo professor, pois a maioria utiliza o método tradicional aplicando simplesmente aulas expositivas como modalidade didática. Apesar do interesse dos estudantes por temas ligados à Genética, esses demonstram pouco entendimento sobre os conceitos ensinados. Desta forma é necessário que o professor utilize meios didáticos metodológicos de fácil compreensão, para que seus alunos saibam interpretar e compreender todo conhecimento repassado para eles. Nesse sentido, um dos grandes desafios encontrados pelos professores ao ensinar o conteúdo de genética de aos seus alunos é como associar o conteúdo a ser ministrado com a prática de forma a facilitar o processo ensino aprendizagem. Pesquisadores da área de educação em Ciências, tem provado que é possível utilizar materiais acessíveis e de baixo custeio, na produção de aulas entusiásticas, nas quais os alunos são incluídos na construção de seu conhecimento (Rodrigues, 2012). Desta forma, nas metodologias e práticas em biologia, a utilização de modelos didáticos, podem ser utilizados como facilitadores do aprendizado, unindo os aspectos lúdicos aos cognitivos, a fim de esclarecer de maneira mais simples este processo.

Diante das dificuldades observadas, uma alternativa é o desenvolvimento de materiais didáticos pedagógicos, como forma de viabilizar aos docentes instrumentos auxiliares para a prática pedagógica. Uma alternativa para a falta desses laboratórios seria a montagem de modelos didáticos que contemplassem os conteúdos acima e dessa forma pudessem trazer uma visão mais aproximada desse mundo abstrato aos estudantes, na ausência de equipamentos de alto custo. Dessa forma, modelos biológicos como estruturas tridimensionais ou semi-planas (alto relevo) e coloridas são utilizadas como facilitadoras do aprendizado, complementando o conteúdo escrito. Também, a própria construção dos modelos faz com que os estudantes se preocupem com os detalhes intrínsecos dos modelos e a melhor forma de representá-los, revisando o conteúdo, além de desenvolver suas habilidades artísticas.

Buscando aqui mencionar a importância da didática e do papel docente no processo de ensino-aprendizagem no ensino superior, apresentando metodologias ativas de ensino-aprendizagem que sirvam como recurso didático na formação crítica e reflexiva do aluno universitário, o que levará a uma reflexão construtivista do processo de ensino aprendizagem sendo isso de extrema relevância para contexto contemporâneo, fazendo-se necessário a verificação da eficácia das práticas docente. Segundo Moura et al. (2013) o docente de biologia tem permanecido historicamente exposto a uma série de desafios que o forcem a acompanhar as divulgações científicas e tecnológicas. A fim de atender as necessidades dessa nova realidade universitária, é de grande importância o desenvolvimento de habilidades didáticas suficientemente eficazes, buscando ter uma visão de mundo, ciência, ser humano e educação compatível com a realidade atual; aí estaria um perfil fundamental do papel do professor e sua mediação nos processos de elaboração do conhecimento desse processo, o desenvolvimento de capacidades cognoscitivas dos alunos. Conforme Vigotsky (1988), o professor universitário deve ser um agente mediador deste processo, propondo desafios aos seus acadêmicos e ajudando-os a resolvê-los, ou proporcionando atividades em grupo, em que aqueles que estiverem mais adiantados possam cooperar com os que tiverem mais dificuldades.

Muitas são as falhas observadas e apontadas no processo de ensino-aprendizagem em Ciências e Biologia. É consenso, entre professores e alunos, que há pouco envolvimento no processo, em decorrência da falta de contextualização, das dificuldades de aplicabilidade e abstração dos conceitos abordados nas várias áreas das Ciências Biológicas (Mello & Rodrigues, 2008). Devido a enorme abrangência de conceitos, das falhas cometidas no ensino e das dificuldades em sua assimilação, para tornar o processo de fixação desses conceitos mais efetivo e dinâmico, é importante repensar as abordagens e

utilizar-se de ferramentas que facilitem o aprendizado. Diversos autores, como Santos (2008), Gardner (1995), Brito et al. (2005), Schultz et al. (2005), Miranda (2001) e Waterman (2001), apontam a utilização dos modelos didáticos e outras atividades lúdicas como instrumentos imprescindíveis e eficientes na facilitação do aprendizado nas diferentes áreas da biologia, principalmente em temas relacionados à genética que requerem abstração e domínio de diferentes conceitos. Recomenda-se assim, o uso de diferentes metodologias para atrair e fazer com que os alunos possam concretizar o conteúdo ensinado, valendo-se de técnicas simples e de fácil aplicabilidade.

Nesse contexto, o presente trabalho objetivou usar metodologias ativas para auxiliar o entendimento dos alunos de nível superior acerca de conteúdos de Embriologia, Citologia, Genética e Biologia Molecular. Foi aplicado o conhecimento teórico da sala de aula em um modelo de 3D, buscando por meio da observação e demonstração dos materiais biológicos associar a teoria e a prática na obtenção da construção do conhecimento utilizando de estratégias pedagógicas diferenciadas nas medidas cabíveis para um desenvolvimento da aprendizagem significativa.

2. Metodologia

Trata-se de uma pesquisa participante exploratória, descritiva com abordagem qualitativa, do tipo relato de experiência. O relato de experiência consiste em uma ferramenta de pesquisa descritiva que manifesta uma reflexão sobre uma ação ou um conjunto de ações a respeito de uma prática vivenciada no contexto profissional, que propicie informações relevantes para comunidade científica (Cavalcante & Lima, 2012). Os dados obtidos foram as produções realizadas pelos alunos no decorrer do desenvolvimento das atividades propostas.

Os sujeitos do estudo foram os discentes das disciplinas no período acadêmico de 2020/ 2021. As docentes responsáveis pelas disciplinas tiveram a iniciativa da proposta nas turmas (1º, 4º e 5º períodos) de Ciências Biológicas (Licenciatura) e Biomedicina, sendo 36,0% de sexo masculino e 64,0% de sexo feminino, com faixa etária entre 18 e 36 anos. A proposta de ensino teve como cerne o uso do método científico experimental com participação ativa dos discentes em espaços não formais de ensino através de aprendizagem baseada em projeto.

Dessa forma foram propostas as seguintes metas: realização de pesquisas bibliográficas, estabelecer relações entre os conteúdos teóricos estudados e contextualizar os assuntos, de forma prática seguindo a elaboração e o desenvolvimento de estruturas tridimensionais. As etapas metodológicas utilizadas foram: (1) levantamento bibliográfico; (2) discussão e abordagem dos conhecimentos obtidos; (3) seleção de materiais visando a conscientização ambiental; (4) elaboração do modelo; (5) utilização dos modelos didáticos construídos.

Os alunos estavam livres para escolher o tema do trabalho, bem como as melhores metodologias cabíveis e matérias, de acordo com o conteúdo da respectiva disciplina. Foi sugerido uso de materiais de baixo custo, ou preferencialmente, reciclados. Além disso também poderiam ser feitos em meio digital. A seleção dos materiais utilizados foi baseada em priorizar a utilização de materiais recicláveis ou reutilizar materiais vencidos, seguindo a Política dos 5R's (reduzir, repensar, reaproveitar, reciclar e recusar), que trata técnica e pedagogicamente dos meios de enfrentamento da questão dos resíduos sólidos (Neto & Moreira, 2010).

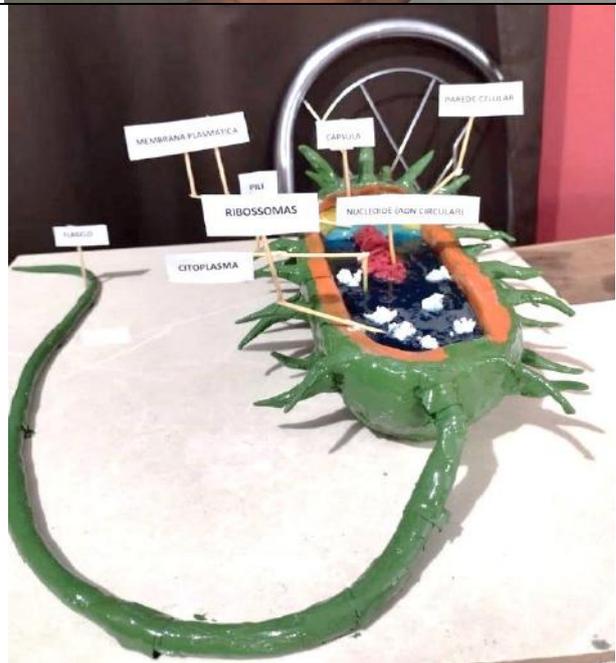
O trabalho pôde ser realizado em grupo e após a confecção dos modelos os alunos fizeram apresentação do modelo detalhando como foi realizada a construção do mesmo e apontando quais eram as estruturas representadas no modelo construído, com uma breve explicação de suas funções. Os alunos receberam a orientação de como seria a atividade a ser realizada e estes preencheram um relatório, já pré-estruturado (título, participantes, material, custo, objetivos, justificativa, referencial teórico, cronograma, resultado e conclusão), o qual auxiliaria e direcioná-los-ia na execução da tarefa bem como no embasamento para a análise dos resultados finais.

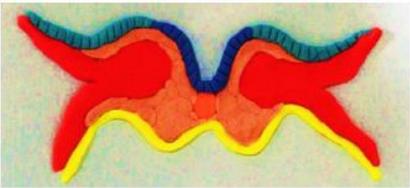
3. Resultados

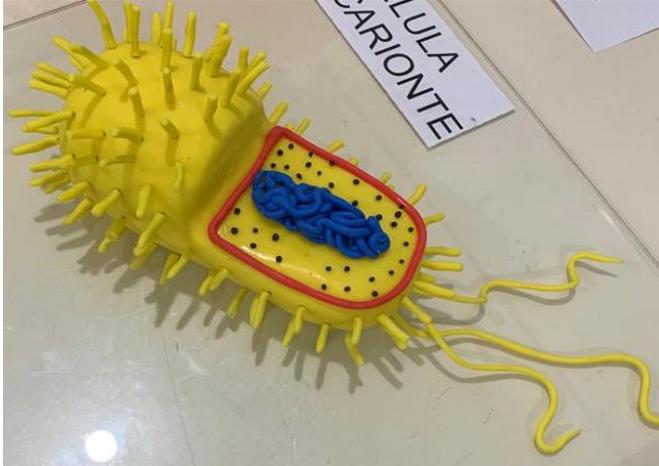
Foram confeccionados 14 modelos biológicos de acordo com a atividade prática proposta. No caso dos grupos, houve a orientação para seguirem as normas de segurança da pandemia. Apenas 3 alunos não realizaram a atividade proposta. O Quadro 1 mostra alguns dos modelos construídos bem como os materiais utilizados.

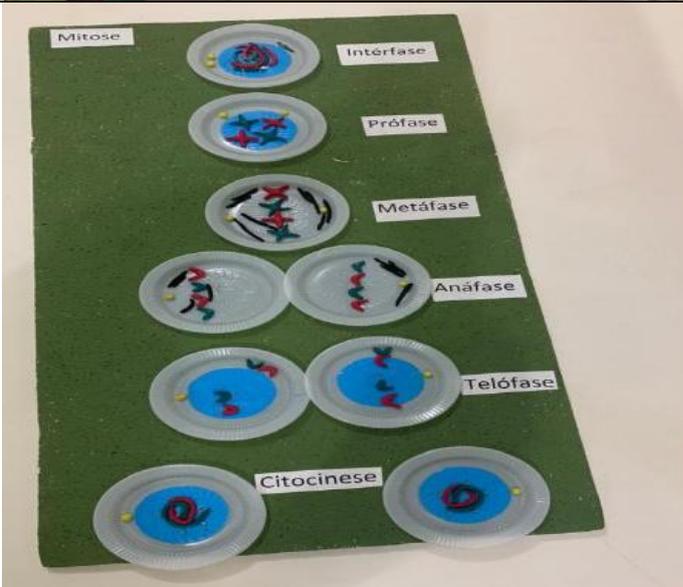
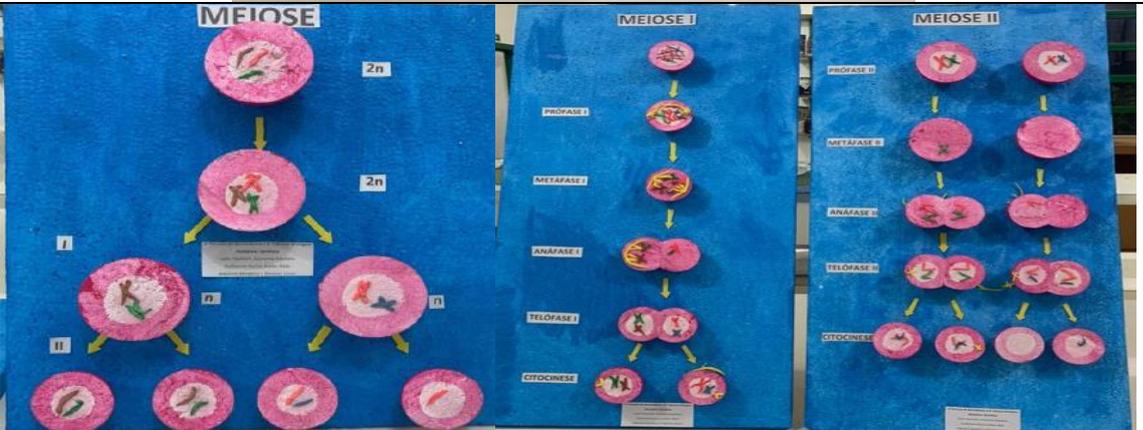
Quadro 1- Modelos tridimensionais produzidos.

Disciplina/ Modelo biológico	Resultado
Citologia/ Células Procariontes	
Citologia/ Representação de uma célula eucariota animal em gelatina	

<p>Citologia/ Projeto de célula animal</p>			
<p>Citologia/ Elucidando a <i>Helicobacter pylori</i></p>			
<p>Citologia/ Membrana plasmática</p>			

<p>Embriologia/ Características do corpo lúteo</p>	
<p>Embriologia/ Jogo da memória sobre anatomia e fisiologia placentária</p>	
<p>Embriologia/ Modelo embriológico das fases neurulação</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="552 1249 871 1568">  </div> <div data-bbox="884 1303 1294 1491">  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div data-bbox="584 1576 772 1603"> <p>FIG. 01: BLASTULAÇÃO</p> </div> <div data-bbox="1018 1568 1203 1594"> <p>FIG. 02: NEURULAÇÃO</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: center; margin-top: 20px;"> <div data-bbox="683 1653 911 1897">  </div> <div data-bbox="943 1823 1286 1868"> <p>FIG. 03: FETO AO FINAL DA 4ª SEMANA DE GESTAÇÃO</p> </div> </div>

<p>Biología molecular/ Célula eucariótica</p>			
<p>Biología molecular/ Célula procariótica</p>			
<p>Biología molecular/ Célula Eucariótica</p>			

<p>Biologia molecular/ Célula eucariótica</p>	
<p>Genética/ Mitose</p>	
<p>Genética/ Meiose</p>	

Fonte: Dados da pesquisa.

Diante dos materiais produzidos, nota-se que os principais materiais utilizados foram isopor, garrafas PET, massa de modelar, e EVA. Foi unânime o relato positivo por parte dos alunos, os quais mencionaram o quão significativo foi o aprendizado com a execução do trabalho.

4. Discussão

No Brasil, a utilização de modelos para fins educacionais, que representam conceitos científicos, foi incorporada desde o início da década de 1950 (Pereira, et al., 2015). O processo de ensino e aprendizagem vem sofrendo mudanças ao longo dos anos, com a inclusão de novas propostas que viabilizam a implementação de metodologias aplicadas ao educando (Paiva, et al., 2016). A inserção de modelos didáticos auxiliou no ensino, materializando conceitos considerados incompreensíveis, uma vez que, com frequência, representam processos de escala microscópica assim como defendido por Smith (2016). É sabido que esses assuntos complexos, ministrados por métodos tradicionais de ensino, não têm gerado uma aprendizagem significativa nos alunos (Orlando, et al., 2009). De acordo com Kolitsky (2014), os modelos didáticos têm ainda utilidade significativa na aprendizagem cinestésica, beneficiando os alunos com deficiência visual ou com outros problemas de aprendizagem.

Um das grandes dificuldades encontradas pelos professores de Ciências e/ou Biologia são na maioria das vezes é o modo de apresentar os conteúdos nas aulas, uma vez que o ensino de ciência traz em seus conteúdos conceitos que são de difícil compreensão pelos alunos. Assim, o uso de modelos didáticos se mostrou como ferramenta eficiente que o professor pode utilizar para expor uma determinada estrutura ou eventos biológicos, favorecendo o entendimento de fenômenos complexos e abstratos, tornando, assim, o aprendizado mais concreto em diversas disciplinas. Para Cavalcante e Silva (2008), os modelos didáticos permitem a experimentação, dando oportunidade aos estudantes de correlacionarem a teoria com a prática, propiciando a compreensão dos conceitos, o desenvolvimento de habilidades e competências.

Atualmente a educação se encontra em transformação. O modelo atual de ensino, onde os alunos normalmente são dependentes da orientação do professor, e geralmente não são utilizadas metodologias diferenciadas e variadas, demonstrando que o processo ensino-aprendizagem não está alcançando seus objetivos. O uso de diferentes metodologias vem proporcionando alternativas de aprendizagem e vem contribuindo para um processo ensino-aprendizagem mais significativo e que pode despertar mais interesse dos alunos nas aulas. O Ensino Maker / hands on, no qual o aluno é instigado a construir suas próprias criações utilizando várias componentes curriculares (Lopes, et al., 2019). Assim, além do aprofundamento da relação entre arte e ciência em projetos de pesquisa, a associação entre esses campos tem sido cada vez mais aplicada na educação, em contribuições de propostas interdisciplinares inovadoras e que envolvem metodologias ativas, visto que o campo da arte permite o desenvolvimento do pensamento criativo e disruptivo, além da prática da aprendizagem Maker / hands on (Silveira, 2018). Como afirmado por Volkweiss e colaboradores (2019), ser protagonista da sua aprendizagem não é algo trivial para os alunos, convém um olhar atento por parte do docente, é preciso exercer o papel de mediador e motivador, de modo a estimular os estudantes a assumirem esse importante papel formativo. Vigarino e Cicillini (2019) também discutem que a natureza da disciplina apresenta uma forma de transcender a fragmentação curricular das áreas e dos conteúdos e adentrar a ciência do perceptível, bem como da construção de significados sobre a diversidade da vida. Elias e Gorla (2020) destacam de modo prático os resultados positivos na aprendizagem por meio de uma experiência interdisciplinar no ensino de Biologia Celular utilizando o desenho arquitetônico, corroborando com esse relato de experiência. Além da aproximação da arte com a biologia, fato que gerou interesse por parte dos estudantes, o qual tem sido preconizado na literatura (Silva & Fraga, 2017), a realização da atividade tendo em vista um projeto realizado por um grupo de estudantes, também foi responsável por alguns comentários positivos dos estudantes da turma experimental quando abordados pelos docentes.

O comportamento dos discentes observado aqui vai de acordo com o protagonismo discente nas metodologias ativas

proposto por Moran (2000). A metodologia ativa por aprendizagem baseada em projetos proposta aqui conseguiu cumprir sua finalidade. Através da execução de um projeto de pesquisa, os alunos tiveram que ser proativos, criativos e tomar decisões por si próprios (com suporte e acompanhamento do docente). O uso de modelos didáticos em sala de aula, fazendo alusão ao conteúdo teórico abordado, é uma forma de aproximar e facilitar a compreensão da realidade do assunto em questão, promovendo um aprendizado de maneira mais prática e produtiva para os alunos. As diferentes atividades desenvolvidas durante o processo de modelização propiciaram uma clara ligação entre a teoria e a prática. Novamente, a modelização no ensino de Biologia se apresenta como uma possibilidade efetiva para o processo de ensino-aprendizagem.

Sendo a Biologia é área do conhecimento que os estudantes apresentam grandes dificuldades para aquisição e desenvolvimento da compreensão e aprendizagem e em face ao exposto, o ensino de Biologia torna-se um grande desafio ao docente que anseia ministrar aulas atrativas e significativas. Com a ampla disseminação das informações na sociedade, para atender às novas exigências educacionais, o docente necessita de atualizações constantes nas suas metodologias de ensino, para melhorar suas práticas pedagógicas. É importante destacar que não há um método perfeito ou ideal para ensinar alunos a enfrentar a complexidade dos assuntos trabalhados, mas sim haverá alguns métodos potencialmente mais favoráveis do que outros (Bazzo, 2000).

De modo que todo conhecimento é construído de forma colaborativa, a partir do envolvimento dos estudantes, possibilitou maior interação e a formação de sujeitos autônomos na realização de atividades facilitando o processo de aprendizagem e tornando-o prazeroso. Nessa perspectiva, as metodologias ativas são cada vez mais utilizadas como ferramenta de incentivo à participação dos estudantes nas aulas, como pôde ser percebido com os trabalhos aqui mostrados. Considerando que a aprendizagem é mais significativa quando os estudantes são motivados intimamente, quando eles acham sentido nas tarefas que são propostas, quando investigam as motivações profundas, quando se engajam em projetos em que trazem contribuições, quando há diálogo sobre as atividades e a forma de realizá-las (Moran et al., 2013). Diante do atual cenário, em que se vivenciam experiências de aulas remotas, o uso de tais metodologias pôde auxiliar no dinamismo das propostas, motivando os alunos e envolvendo-os na temática discutida.

O modelo didático usa uma estrutura como referência, uma imagem que permite materializar a ideia ou conceito tornando-o dessa forma assimilável. No entanto apesar da eficiência e contribuição para o ensino, esse recurso ainda é muito pouco utilizado pelos professores. Dentre as causas, o estudo realizado por Sousa (2015) cita a falta de material disponível na escola, a carga horária insuficiente para a confecção do recurso didático, a desmotivação em executar atividades deste tipo, como também por não haver cooperação dos alunos na confecção dos materiais, dentre outros fatores. Todavia, vale destacar que o uso de modelos didáticos com o intuito de facilitar o ensino e a aprendizagem do conhecimento científico só será efetivado se estiver atrelado ao aporte epistemológico por parte dos professores, o que poderá guiar a seleção de conteúdos programáticos adequados a determinados contextos sócio-culturais (Lorenzini & Anjos, 2004). Em verdade, o modelo didático no que tange ao aspecto visual como forma de explicação de um determinado processo, e, conseqüentemente, favorecimento ao desenvolvimento cognitivo, tem a sua importância pela correspondência com os modelos mentais que “na Ciência Cognitiva. Outra evidência é o dinamismo que os modelos didáticos poderão propiciar na fixação dos conteúdos, assim como na resolução dos problemas evidenciados no modo como os professores desenvolverão na execução da sua prática. Sob esta ótica, é imperativo que os docentes possam promover a articulação entre a teoria e a prática de maneira dialógica e afetiva, partindo do princípio da autonomia do estudante em questionar sobre o que ele realiza e observa diante de um fenômeno ou processo estudado. Enfatiza-se ainda que a utilização de estratégias didáticas que permite o diálogo entre teoria e prática constitui um caminho para envolver os estudantes nas aulas contribuindo, assim, para análises e reflexões nos processos que envolvem a construção de conhecimentos científicos, corroborando com o relato dos sujeitos do trabalho.

Conforme Vigotsky (1988), o professor universitário deve ser um agente mediador deste processo, propondo desafios

aos seus acadêmicos e ajudando-os a resolvê-los, ou proporcionando atividades em grupo, em que aqueles que estiverem mais adiantados possam cooperar com os que tiverem mais dificuldades. A relação professor-acadêmico é de grande importância para o processo de aprendizagem em nível universitário, pois estabelece um elo de ligação e de comprometimento com a construção do conhecimento. Embora a polêmico, não é difícil constatar que o ensino se torna muito mais eficaz quando os alunos de fato participam. Desta forma o Ensino Superior é desafiador, pois precisa ser inventado ou reinventado diariamente. Para tanto, um dos requisitos é aproximar o conteúdo da vivência dos acadêmicos, envolvendo-os e comprometendo-os com a disciplina. Democratizar o espaço da sala de aula, parte do pressuposto de que a prática pedagógica deve ser permeada pela pesquisa, contribuindo de forma ativa para a descoberta e para o desenvolvimento de uma atitude de autonomia intelectual.

A disciplina de citologia é frequentemente apontada pelos estudantes como uma das mais difíceis de compreender, principalmente por envolver conceitos, estruturas e funções celulares, considerados distantes da sua realidade. De acordo com Amorim (2013) isto muitas vezes pode comprometer o aprendizado dos educandos que possuem dificuldades imaginativas. Os autores destacaram a relevância dessa metodologia a partir dos melhores resultados obtidos com os modelos didáticos, bem como o papel do professor enquanto facilitador do processo de ensino-aprendizagem, ainda mais em se tratando de conteúdos abstratos como os que envolvem elementos microscópicos, como as células o que também foi observado nos resultados aqui relatados.

Nos dias atuais, termos relacionados a genética como cromossomos, DNA e genes estão presentes constantemente na mídia, se integrando no cotidiano da sociedade, contudo muitas das vezes, estes conceitos são compreendidos de forma equivocada. Dentro deste cenário, a utilização de práticas que viabilizem o processo de aprendizagem desses conceitos de maneira mais efetiva e dinâmica, pode contribuir na contextualização com temas discutidos na mídia. A produção de estruturas tridimensionais ode auxiliou o discente a elucidar os conceitos de difícil assimilação. Resultados semelhantes foram observados por Rivas et al. (2011), os autores verificaram que após a utilização de modelos e experimentos didáticos no ensino de genética e bioquímica, ocorreu uma evolução sobre o aprendizado e motivação dos estudantes na compreensão dos conteúdos abordados.

Existem, para comercialização, uma diversidade destes materiais, muitos deles representado, por exemplo, a molécula de DNA com várias perspectivas de execução em salas de aula. Contudo, os modelos e jogos comercializados, em sua maioria, são onerosos. Deste modo, uma possibilidade é a construção dos modelos pelos discentes, empregando materiais acessíveis e de baixo custo, como apresentamos neste trabalho. Os conhecimentos na área da biologia molecular e da genética são de natureza interdisciplinar e apresentam relação direta com o contexto social contemporâneo. O ensino destas disciplinas deve assegurar aos alunos a evolução do pensamento crítico e a competência de assumir opinião sobre temas divergentes como transgênicos, o uso de células-tronco embrionárias, clonagem, reprodução assistida, bem como permitir que o discente empregue os conhecimentos construídos no cotidiano e consiga discernir os princípios básicos que conduzem a hereditariedade para que entendam como são transmitidas as características, compreendendo mais satisfatoriamente a biodiversidade presente no planeta.

Freire (2014) afirma a possibilidade da utilização de maquetes em diversos níveis da educação, desde o ensino fundamental ao ensino superior. Considerando o exposto, o processo de ensino-aprendizagem nessa área deve incluir recursos metodológicos capazes de possibilitarem as várias interpretações espaciais que, segundo Rodrigues et al. (2004), são necessárias para que o aprendiz compreenda os processos embriológicos. Westphal e Pinheiro (2004), relacionando modelização e realismo científico, também defendem que para o desenvolvimento do ensino nesta área, há necessidade da construção de imagens “verdadeiras” da realidade (modelos). Os conteúdos de Embriologia justamente envolvem tal dimensão, além de demandarem conhecimentos prévios referentes, por exemplo, à divisão e diferenciação celulares. Para Yamada et al. (2006), as mudanças morfogenéticas que caracterizam o desenvolvimento pré-natal humano são complexas e, portanto, a

compreensão de sua dinâmica requer a visualização das estruturas embrionárias em, pelo menos, três dimensões (3D). Considerando o exposto, os modelos didáticos tridimensionais podem atuar como importantes ferramentas facilitadoras do processo de ensino e aprendizagem acerca do desenvolvimento embrionário humano (Oliveira, et al., 2012; Aversi-Ferreira, et al., 2012). Assim, percebe-se a efetividade dessa ferramenta para o desenvolvimento de temas relacionados ao ensino das ciências, em especial à disciplina de Biologia do Desenvolvimento.

Na Biologia Molecular em quase todos os conteúdos, entrelaçando-se e complementando-se. Apesar de não ser de competência da Biologia explicar a estrutura química das diversas moléculas que compreendem o sistema biológico, mas sim a função, o modelo em questão é que pode ser utilizado como um material de apoio dentro das aulas, como uma representação visual e palpável de uma biomolécula que é essencial para o funcionamento do organismo. Reconhecendo também a importância da construção de modelos físicos em 3D de biomoléculas, Beltrame et al. (2017) ofereceram um guia sobre o design digital e a fabricação física de modelos de biomoléculas para a impressão 3D, que pode ser utilizado no âmbito da pesquisa ou no campo pedagógico. Essas biomoléculas podem contribuir de forma muito significativa no ensino sobre ácidos nucleicos e síntese proteica porque servem de apoio sensorial que complementam os conceitos, que são muitas vezes de difícil compreensão. Porém, essas ferramentas, apesar de serem tecnologias educacionais que trazem grandes benefícios para a educação, excluem alguns alunos, principalmente os que possuem necessidades especiais visuais, tornando-se necessária a materialização das estruturas.

Na Citologia, dentro do universo microscópico, a diversidade de artigos envolvendo construções de modelos relacionados pode ser entendida devido aos seguintes fatores: 1) a célula ser a unidade viva do organismo, e por isso é imprescindível a compreensão da morfologia e funcionamento celular; 2) a célula ser uma estrutura microscópica, portanto, imperceptível a olho nu; 3) a dificuldade de muitas unidades de ensino em realizar atividades práticas, de visualização celular, em virtude de ausência de laboratório, equipamentos como microscópio, e materiais necessários para experimentação, como lâminas e corantes (Orlando, et al., 2009). Mas, de qualquer forma, laboratórios que possuem microscópio óptico e que possibilitam a observação da estrutura de células animais e vegetais são limitados à morfologia, pois as organelas não são visíveis através do microscópio óptico. Isso demonstra a necessidade de construir modelagens de células, na sua totalidade, para tornar mais real, palpável e visível a estrutura que é a base de todo ser vivo. Dentro dessa temática, Michelotti e Loreto (2019) utilizaram massa de biscoito para a confecção de células humanas em 3D (célula muscular, neurônio, hemácia, plaqueta e célula epitelial). Apesar de o foco desse estudo ter sido o público com deficiência visual, a modelagem pode ser utilizada por todos os alunos, com e sem deficiência.

Perry et al. (2017) e Augusto e colaboradores (2016) utilizaram a técnica de impressão 3D para reconstruir diversas amostras biológicas, e segundo os autores, a compreensão da morfologia tridimensional de uma amostra biológica microscópica é um pré-requisito para o entendimento funcional da biologia celular, desenvolvimento e crescimento de tecidos. Como dificilmente é possível obter amostras histológicas para visualização celular nas aulas de Biologia, esses modelos supririam a ausência dos materiais como um bom recurso didático. Considerando que as células do corpo humano não são visíveis e nem palpáveis, é certo que a possibilidade de as tornar apreciáveis aos órgãos sensoriais, materializando aquilo que é invisível, torna o ensino muito mais eficaz, podendo elevar o nível de aprendizado do aluno (Turner, et al., 2017). Os modelos, bem como qualquer outro tipo de material didático, servem como ferramentas auxiliares ao livro, que ainda é o recurso mais utilizado neste segmento para explorar os conteúdos.

Os modelos didáticos podem auxiliar de forma substancial no processo de ensino e aprendizagem de outros conteúdos biológicos, pois permitem que os alunos tenham uma visão tridimensional e concreta dos conceitos biológicos, diferente das imagens planas dos livros didáticos. Além disso, mostrou-se uma estratégia metodológica diferenciada e de baixo custo, que poderá ser utilizada independentemente dos recursos disponibilizados em instituições de ensino. Diante do atual cenário, em

que se vivenciam experiências de aulas remotas, o uso de tais metodologias pode auxiliar no dinamismo das propostas, motivando os alunos e envolvendo-os na temática discutida. Todas as ações contribuem para o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa, mesmo fora do ambiente escolar (estrutura física), em ambientes de sala de aula virtual. Desse modo, conforme Orlando et al. (2009) e Augusto et al. (2016), modelos biológicos tridimensionais são utilizados como facilitadores do aprendizado, permitindo que o estudante manipule o material, complementando o entendimento do conteúdo escrito e as figuras dos livros-texto. Em revisão de 161 artigos em diferentes áreas, que englobam a área das Ciências Biológicas / Biomédicas, como a Biologia, a tratativa no ensino superior apareceu nos cursos de Veterinária (Michelotti & Loreto, 2019; Santos, et al., 2019), Medicina (Ratinam, et al., 2019) e Odontologia (Massari, et al., 2018), bem como em outras áreas do conhecimento, como a Química (Sampaio, et al., 2019) levando-se em consideração a relevância dos modelos como uma ferramenta didática que atenda ao componente curricular da Biologia. Apesar das diversas metodologias adotadas por diferentes autores visando utilizar produtos físicos 3D que atendam às várias necessidades dentro das áreas do conhecimento, a finalidade deste estudo é avaliar os produtos e sua aplicabilidade no ensino de Biologia, independentemente da tecnologia utilizada para a confecção dos modelos e da prática pedagógica adotada.

5. Conclusão

Observou-se com esse relato de experiências a excelente interação e a participação dos alunos nas atividades desenvolvidas. Foram obtidos 14 modelos biológicos, sendo notável a predominância de modelos sobre células. Concluiu-se que o ensino de Biologia à luz das metodologias ativas contribui sobremaneira para a ressignificação do trabalho docente visando melhor desempenho dos estudantes em relação ao processo de ensino e aprendizagem. Além disso foi uma alternativa às aulas práticas que estavam inviáveis no período da pandemia.

A implantação de atividades práticas é eficaz no entendimento da didática teórica como formação complementar ao graduando de Ciências Biológicas e Biomedicina. A partir delas os discentes souberam aplicar os conceitos de maneira mais clara, objetiva e, desenvolver novas aplicações aos conceitos básicos das disciplinas. Com isso, defende-se a ideia de que os modelos didáticos devem merecer um espaço mais amplo na prática docente por se tratar de uma estratégia que motiva e agrega aprendizagem de conteúdo ao desenvolvimento acadêmico. Cabe ressaltar que os modelos didáticos não devem ser substitutos de outros métodos de ensino, mas devem servir como auxílio para os alunos que usufruem, como recurso didático para o seu aprendizado.

Tendo em vista a dificuldade de se ensinar algumas disciplinas da área de Biologia e da preocupação em desenvolver metodologias e estratégias alternativas de ensino, jogos e modelos didáticos surgem como possibilidade para o aprimoramento do processo de ensino e aprendizagem, de acordo com o baixo custo para sua confecção e da sua eficiência e capacidade de proporcionar uma maior assimilação dos assuntos abordados. Diante de todo exposto, considera-se que os modelos didáticos são instrumentos sugestivos e que podem ser eficazes na prática docente diante da abordagem de conteúdos que, muitas vezes, são de difícil compreensão pelos estudantes. Como sugestão de trabalhos futuros, recomenda-se a aplicação de metodologia ativas em outras disciplinas do ensino superior.

Agradecimentos

Aos discentes que realizaram o trabalho proposto nas disciplinas com empenho e dedicação.

Referências

Amorim, A. S. (2013). *A Influência do Uso de Jogos e Modelos Didáticos no Ensino de Biologia Para Alunos de Ensino Médio*. Trabalho de Graduação, Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências da Saúde, Curso de Ciências Biológicas a Distância, Beberibe.

- Andujar, P. V., & Fonseca, R. L. (2009). A utilização de maquetes como instrumento metodológicos nas aulas de geografia. *I Simpósio Nacional de Recursos Tecnológicos Aplicados à Cartografia e XVIII Semana de Geografia*.
- Árias, G. *Em 1953 foi descoberta a estrutura do DNA*. Passo Fundo
- Augusto, I., et al. (2016). Virtual Reconstruction and Three- Dimensional Printing of Blood Cells as a Tool in Cell Biology Education. *PLOS ONE*, 11 (8), e0161184.
- Aversi-Ferreira, T. A., et al. (2012). Teaching Embryology Using Models Construction in Practical Classes. *International Journal of Morphology*, 30 (1), 188-195,
- Bacich, L., & Moran, J. (2018). *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. Penso Editora.
- Bartalo, L., & Guimarães, S. E. R. (2008). Estratégias de Estudo e Aprendizagem de Alunos Universitários: Um Estudo Exploratório. *Informação & Informação*, Londrina, 13 (2), 1 – 14.
- Bazzo, V. L. 2000. Para onde vão as licenciaturas?: a formação de professores e as políticas públicas. *Educação*, 25 (1): 53-65.
- Beaulieu, E., & Petit-Turcotte, C. (2018), Gamification of learning in an introductory cell biology class. *The FASEB Journal*, 32: 535.35-535.35.
- Beltrame, Da V., et al. (2017). 3D Printing of Biomolecular Models for Research and Pedagogy. *Journal of Visualized Experiments*, 121, 55-427.
- Bollela, V. R., et al. (2014) Aprendizagem baseada em equipes: da teoria à prática. *Medicina*, Ribeirão Preto, 47 (3), 293-300.
- Borges, T. S., & Alencar, G. (2014). Metodologias ativas na promoção da formação crítica do estudante: o uso das metodologias ativas como recurso didático na formação crítica do estudante do ensino superior. *Cairu Em Revista*, 3(4), 119–143. <https://doi.org/22377719>.
- Brito, S. R., Santos, T. L. T., Silva, A. S., Costa, K., & Favero, E. L. (2005). Apoio Automatizado à mediação da aprendizagem baseada em experimentos. *Renote*. 3 (2), nov. <<http://www.cinted.ufrgs.br/renote/nov2005/artigosrenote/aAcompanhamentoProcesso.pdf>>.
- Capelli, L. P., & Nascimento, R. M. P. (2011). Citogenética molecular – um modelo didático que explica a técnica de hibridação genômica comparativa baseada em arr ay (aCGH). *Genética na escola*, 6, 55-66.
- Cavalcante, B. L., & Lima, U. T. S. (2012). Relato de experiência de uma estudante de Enfermagem em um consultório especializado em tratamento de feridas. *Journal of Nursing and Health*, 2(1), 94 103.
- Cavalcante, D. D., & Silva, A. F. A. (2008). Modelos didáticos e professores: concepções de ensino-aprendizagem e experimentações. In: XIV Encontro Nacional de Ensino de Química, 14., 2008, Curitiba. *Anais do XV Encontro Nacional de Ensino de Química*. Curitiba: UFPR.
- Davenport, J., Pique, M., Getzoff, E., Huntoon, J., Gardner, A., & Olson, A. (2017). A Self-Assisting Protein Folding Model for Teaching Structural Molecular Biology. *Structure*, 25(4), 671-678.
- Dum, C. G. (2003). *Embriologia Humana*. Atlas e Texto. Buenos Aires: El Ateneo.
- Elias, M. A., & Gorla, G. C. S. L. (2020). Experiência interdisciplinar no ensino de Biologia Celular e desenho arquitetônico. *Scientia TEC*, 7 (2), 130-143.
- Freire, R. S. (2014). *Microbiologia no Ensino Fundamental: uma prática para enxergar o invisível*. 2014. 38 f. (Monografia) - Especialização em Ensino de Ciências, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira.
- Freitas, L. A. M., et al. (2008). Construção de Modelos Embrionológicos com material reciclável para uso didático. *Bioscience Journal*, 24 (1), 91-97.
- Gardner, H. (1995). *Inteligências Múltiplas: a teoria na prática*: Artes Médicas.
- Gilbert, J. K. (2004). Models and Modelling: Routes to More Authentic Science Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2 (2), 115-130.
- Gomes, F. D. R., & Moura, F. N. S. (2020). A arte musical como metodologia ativa no ensino científico dos sistemas genitais. *Experiência em ensino de ciências*, 15 (3), 442-454.
- Guimarães, E. G., Castro, L. S., Bautz, R. K., & Rocha, G. L. (2016). O uso de modelo didático como facilitador da aprendizagem significativa no ensino de Biologia Celular. *Revista UNIVAP*, 22 (40), 231.
- Jotta, L. A. C. V. (2005). *Embriologia animal: uma análise dos livros didáticos de biologia do ensino médio*. 244f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de educação da Universidade de Brasília, Brasília, 2005.
- Justi, R., & Van Driel, J (2006). The use of the Interconnected Model of Teacher Professional Growth for understanding the development of science of teachers' knowledge on models and modelling. *Teaching and Teacher Education*, 22, 437–450.
- Klautau, N., Aurora, A., Dulce, D., Silviene, S., Helena, H., & Correia, A. (2009). Relação entre herança genética, reprodução e meiose: um estudo das concepções de estudantes universitários do Brasil e Portugal. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, 2267-2270.
- Kolitsky, M. A. (2014). 3D printed tactile learning objects: proof of concept. *J Blindness Innovation and Research*, 4 (1), 123-134.
- Krasilchik, M. (2008). *Prática de Ensino de Biologia*. 4 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.

- Lopes, L. O., Oliveira, P. R. P., Santos, K. F., Pomari, E., & Thuler, D. (2019). *O "maker" na escola: uma reflexão sobre tecnologia, criatividade e responsabilidade social*. Congresso sobre tecnologias na educação, Recife, Pernambuco, Brasil, 4.
- Lorbieski, R., et al (2010). O jogo da meiose e das segregações cromossômicas e alélicas. *In: Genética na escola*, 5 (1), 25-33.
- Lorenzi, J. C. C., Lima, M. A., Gardim, S., Barbosa, V. C., & Tréz, T. de A. (2009). Planejamento, montagem e aplicação de modelos didáticos para abordagem de biologia celular e molecular no ensino médio por graduandos de Ciências Biológicas. *Revista Brasileira de Ensino e Bioquímica e Biologia Molecular*, 1, 19-27.
- Lorenzini, N. M. P., & Anjos, C. R. dos, (2004). *Teoria de modelos e o ensino de biologia: o diálogo entre teoria e prática*. Anais do IX Encontro "Perspectivas do Ensino de Biologia. Campinas, São Paulo: Graf. FE.
- Macedo, K. D. D. S., Acosta, B. S., Silva, E. B. D., Souza, N. S. D., Beck, C. L. C., & Silva, K. K. D. D. (2018). Metodologias ativas de aprendizagem: caminhos possíveis para inovação no ensino em saúde. *Escola Anna Nery*, 22(3), 234-245.
- Maia, R T. *A importância da disciplina de metodologia científica no desenvolvimento de produções acadêmicas de qualidade no nível superior*. Urutáguá, Maringá, 2008. <http://www.urutagua.uem.br/014/14maia.htm>
- Massari, C. H. A. L., Schoenau, L. S. F., Cereta, A. D., & Miglino, M. A. (2018). Tendências do Ensino de Anatomia Animal na Graduação de Medicina Veterinária. *Revista de Graduação USP*, 3 (2), 25-32.
- Meira, M. D. S., Guerra, L., Carpilovsky, C. K., Ruppenthal, R., Astarita, K. D. B., & Schetinger, M. R. C. (2015). Intervenção Com Modelos Didáticos No Processo De Ensino-Aprendizagem Do Desenvolvimento Embrionário Humano: Uma Contribuição Para a Formação De Licenciados Em Ciências Biológicas. *Ciência e Natura*, 37(2). <https://doi.org/10.5902/2179460x15921>.
- Meira, M. S. *Construção de modelo didático tridimensional para estudo da estrutura óssea microscópica – relato de experiência com graduandos das ciências naturais e da saúde*. Anais do XVIII SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO, Cachoeira do Sul, 2013. <http://www.sieduca.com.br/?principal=listatrabalhos&eixo=>.
- Mello, M. L., & Rodrigues, C. V. *A prática no ensino de Genética e Biologia Molecular: desenvolvimento de recursos didáticos para o ensino médio*. <http://www.pucmi.nas.br/seminarioprograd/iv_seminario/pdfs/puc_prat_ens_gen.pdf>.
- Michelotti, A., & Loreto, E. L. da S. (2019). Utilização de modelos didáticos tateáveis como metodologia para o ensino de biologia celular em turmas inclusivas com deficientes visuais. *Revista Contexto & Educação*, 34 (109), 150-169.
- Miranda, S. (2001). No fascínio do jogo, a alegria de aprender. *Ciência Hoje*, 28 (168), 64-66.
- Moore, K. L., Persaud, T. V. N., & Torchia, M. G. (2013). *Before we are born: essentials of Embryology and Birth Defects*. Canadá: Elsevier, 348p.
- Moran, J. M. A (2000). integração das tecnologias na educação. In: Moran, J. M. *A Educação que desejamos: novos desafios e como chegar lá*. (5ª Ed.) Campinas: Papirus, 89-90.
- Moran, J. M. (2013). A integração das tecnologias na educação. 2000. In: Moran, J. M. *A Educação que desejamos: novos desafios e como chegar lá*. (5ª Ed.) Campinas: Papirus, p. 89-90.
- Moura, J. (2013). *Biologia/Genética: o ensino de biologia, com enfoque a genética, das escolas públicas no Brasil – breve relato e flexão*.
- Nascimento, A. M. B. T., Siqueira, A. K. L., Silva, M. M. F. M., & Dionízio, S. C. *Aplicação de modelos didáticos sobre o animal invertebrado tênia no ensino de Biologia integrado ao PIBID*. III ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE E DO AMBIENTE, NITERÓI-RJ, 2012. Anais... <http://www.ensinosaudeambiente.com.br/eneciencias/anaisiiieneciencias/trabalhos/T91>.
- Neto, P. M., & Moreira, T. A. (2010). Política nacional de resíduos sólidos - reflexões a cerca do novo marco regulatório nacional. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, [S.l.], 15.
- Oliveira, M. S., et al. (2012). Uso de Material didático sobre Embriologia do Sistema Nervoso: Avaliação dos Estudantes. *Revista Brasileira de Educação Médica*, Brasília, 36 (1), 83-92.
- Orlando, T. C. et al. (2009). Planejamento, montagem e aplicação de modelos didáticos para abordagem de biologia celular e molecular no ensino médio por graduandos de Ciências Biológicas. *Revista Brasileira de Ensino e Bioquímica e Biologia Molecular*, 1, 1-17.
- Paiva, M. R. F., et al. Metodologias ativas de ensino/aprendizagem: revisão integrativa. *Sanare*, Sobral. 15(2),145-153, 2016.
- Pedrancini, V. D., Corazza-Nunes, M. J., Galuch, M. T. B., Moreira, A. L. O. R., & Ribeiro, A. C. (2007). Ensino e aprendizagem em biologia do ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. *Revista Electrónica Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), 299-309.
- Pereira, M. S., et al. (2015). Didáticos no Ensino de Ciências da Escola Municipal Cassimiro Gomes – Coronel Ezequiel/RN. In: II CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 2015, Campina Grande, PB, Brasil. *Anais II CONEDU*. Campina Grande: Realize Eventos Científicos e Editora Ltda.
- Perotta, B., Fiedler, P. T., Santos, S. H. P. D., Hirose, T. E., Rodrigues, A. L. D. M., Oliveira, S. A. D., Sato, M. H., Ávila, H. S., Moraes, T. C. D., & Ferreira, F.D.F. (2004). Demonstração prática do desenvolvimento pulmonar humano. *Arquivos da Apadec*, Maringá, 8 (2), 14.
- Perry, I., Szeto, J-Y., Isaacs, M., Gealy, E., Rose, R., Scofield, S., Watson, P., & Hayes, A. (2017). Production of 3D Printed Scale Models from Microscope Volume Datasets for use in STEM Education. *EMS Engineering Science Journal*, 1 (1), 02.
- Piffero, E. D. L. F., Soares, R. G., Coelho, C. P., & Roehrs, R. (2020). Metodologias Ativas e o ensino de Biologia: desafios e possibilidades no novo Ensino Médio. *Ensino & Pesquisa*, 2, 223-234.

- Ratinam, R., Quayle, M., Crock, J., Lazarua, M., Fogg, Q., & Mckenamin, P. Challenges in creating dissectible anatomical 3D prints for surgical teaching. *Journal of Anatomy*, 234(4), 419-437, 2019.
- Rivas, P. M. S., Pinho, J. D., & Brenha, S. L. A. (2011). Experiments in genetics and biochemistry: motivation and Learning in high school students from a public school in Maranhão state. *Revista Eletrônica do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Saúde e do Ambiente* 4: 62-75,
- Rodrigues, A. L. M., Fieler, P. T., Samps, S. H. P. D., Perotta, B., Hirose, T. E., Oliveria, S. A. D., Sato, M. H., Ávila, H. S., Moraes, T. C. D., & Ferreira, F. D. F. I. Embriologia prática – uma lição diferente. *Arquivos da Apadec*, 8, 2, 11, 2004.
- Rodrigues, R. F. *The use of representative modeling as a strategy teaching of genetics: a case study*. Experiências em Ensino de Ciências 7: 53-66, 2012.
- Sampaio, S. G., et al. (2019). A Smartwatch made from Cashew Nut Shell Liquid (CNSL). *Revista Virtual de Química*, 11 (1), 353-363.
- Santos, A. dos. (2008). *Experimentação lúdica no ensino de genética: mitose*. 2008. Itumbiara. Universidade Luterna do Brasil. Monografia (graduação) Licenciatura Plena em Biologia. Itumbiara.
- Santos, A. L. C., et al. (2020). Dificuldades apontadas por professores do programa de mestrado profissional em ensino de biologia para o uso de metodologias ativas em escolas de rede pública na paraíba. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, 6 (4), 21959-21973, apr.
- Santos, J. F. L., & Brito, M. F. G., de. (2019). Educação inclusiva: modelo didático de peixe para alunos com deficiência visual no ensino de Ciências e Biologia. *Revista Ciências & Ideias*, 10 (3), 206-223.
- Saviani, D. (2012). *Escola e Democracia*. (42.^a ed.) revisada: Autores Associados, Coleção polêmicas do nosso tempo; 5.
- Schultz, E. S., Muller, C., & Corrêa, S. M. M. (2005). *Laboratório de aprendizagem: o lúdico nas séries iniciais*. <<http://www.coperves.ufsm.br/prograd/downloads/File/Laboratoriodeaprendizagem.pdf>>.
- Sepel, L. M. N., & Loreto, E. L. S. (2003). Relação entre membrana plasmática e citoesqueleto na forma celular: um estudo com modelos. *Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular*, 1,1-6.
- Silva, A. S., & Fraga, N. M. (2017). A Arte aplicada ao ensino de Biologia: confecção de modelos didáticos de microrganismos. *Educação Pública*, 17 (11).
- Silveira, J. R. A. (2018). Arte e Ciência: uma reconexão entre as áreas. *Ciência e Cultura*, 70 (2), 23 25.
- Smith, D. P. Bringing experiential learning into the lecture theatre using 3D printed objects. *F1000Research*, 5, 61, 2016.
- Sousa, G., Feitoza, E., & Paz, G. *O uso de modelos na abordagem de isomeria de compostos de coordenação*. 11º Simpósio Brasileiro de Educação Química, Teresina/ PI, 2013. Anais... <<http://www.abq.org.br/simpequi/2013/trabalhos/2247-16286.html>>.
- Souto, Ú. R., Santos, J. R., & Borges, A. A. (2016). Proposta de modelo da dupla hélice do DNA em um contexto histórico. *Revista da Sbenbio*, 9, 1482-1491. <<http://www.sbenbio.org.br/wordpress/wpcontent/uploads/renbio-9/pdfs/1787.pdf>>.
- Temp, D. S., Carpilovsky, C. K., & Guerra, L. (2011). Cromossomos, gene e DNA: utilização de modelo didático. *Genética na Escola*, 9-11.
- Turner, H., et al. (2017). Using 3D Printing to Enhance Understanding and Engagement with Young Audiences: Lessons from Workshops in a Museum. *The Museum Journal*, 60 (3), 311-333.
- Vieira, V. (2010). Building up knowledge: lessons that combine genetics contents to teaching and learning strategies. *Práxis* 03: 59-63.
- Vigario, A. F., & Cicillini, G. A. (2019). Os saberes e a trama do ensino de Biologia Celular no nível médio. *Ciência & Educação* (Bauru), 25 (1), 57-74.
- Vigotsky, L. *Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem*: Ícone, 1988. p. 125.
- Volkweiss, A., Mendes de Lima, V., Ramos, M. G., & Ferraro, J. L. S. (2019). Protagonismo e participação do estudante: desafios e possibilidades. *Educação Por Escrito*, 10(1), e29112.
- Waterman, M. A. *Caso investigativo como estratégia de estudo para a aprendizagem de Biologia*. Julho, 2001. <http://www.lite.fae.unicamp.br/papet/2005/el767a_1s2005/Caso_Investigativo.doc>. Trad. Alandeom W. de Oliveira.
- Westphal, M., & Pinheiro, T. C. A epistemologia de Mario Bunge e sua contribuição para o ensino de Ciências. *Ciência & Educação*, 10 (3), 585-596.