

Modelo didático para o ensino de Ciências, construção por meio de impressão 3D: análise e avaliação no processo de ensino-aprendizagem

Didactic model for science teaching, construction through 3D printing: analysis and evaluation in the teaching-learning process

Cíntia Rochele Alves de Oliveira¹, Cristiano Corrêa Ferreira¹, Claudete da Silva de Lima Martins¹

¹ Universidade Federal do Pampa, Bagé, Brasil

cintiarochele@gmail.com, cristianoferreira@unipampa.edu.br, claudetemartins@unipampa.edu.br

Recibido: 09/06/2021 | Corregido: 28/12/2021 | Aceptado: 04/01/2022

Cita sugerida: C. R. A. de Oliveira, C. C. Ferreira and C. da S. de Lima Martins, "Modelo didático para o ensino de Ciências, construção por meio de impressão 3D: análise e avaliação no processo de ensino-aprendizagem," *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, no. 32, pp. 44-53, 2022. doi: 10.24215/18509959.32.e5

Esta obra se distribuye bajo **Licencia Creative Commons CC-BY-NC 4.0**

Resumo

Este estudo tem por objetivo evidenciar as potencialidades da utilização da tecnologia 3D em um modelo anatômico do sistema circulatório construído por prototipagem, em uma turma de uma escola pública. A metodologia adotada foi do tipo intervenção pedagógica, tratando-se de uma pesquisa qualitativa, que consistiu em implementar e analisar o processo de ensino-aprendizagem através da utilização do material didático proposto. A análise e interpretação dos dados foi realizada por meio das categorias: interação dos estudantes com o material didático 3D e a avaliação do processo de ensino-aprendizagem na construção do conhecimento. Os instrumentos utilizados na produção de dados foram pré e pós-teste, diário de campo e roteiro de análise das intervenções. Os resultados demonstram que as principais contribuições do modelo didático se relacionam com a sua efetividade no processo de ensino-aprendizagem, possibilitando a compreensão do conteúdo de forma participativa, concreta e interativa, oportunizando a troca de ideias, compartilhamento de dúvidas e distribuição de tarefas entre os estudantes, mediante a interação e manipulação do material didático proposto. Conclui-se

que a implementação do material didático 3D é um excelente recurso no ensino de Ciências.

Palavras-chave: Ensino de ciencias; Material didático; Sistema circulatório; Prototipagem.

Abstract

This study aims to highlight the potential of using 3D technology in an anatomical model of the circulatory system built by 3D prototyping, in a public school class. The methodology adopted was of the pedagogical intervention type, being a qualitative research, which consisted of implementing and analyzing the teaching-learning process through the use of the proposed teaching material. Data analysis and interpretation was performed using the following categories: student interaction with the 3D teaching material and evaluation of the teaching-learning process in the construction of knowledge. The instruments used in data production were pre and post-test, field diary and intervention analysis script. The results demonstrate that the main contributions of the didactic model are related to its effectiveness in the teaching-learning process, enabling the understanding of the content in a participatory, concrete and interactive way,

providing opportunities for the exchange of ideas, sharing of doubts and distribution of tasks between students, through the interaction and manipulation of the proposed teaching material. It is concluded that the implementation of 3D teaching material is an excellent resource in Sciences teaching.

Keywords: Science teaching; Course material; Circulatory system; AM prototyping.

1. Introdução

O ensino de Ciências da Natureza compreende o estudo das componentes curriculares Química, Física e Biologia, entrelaçados a conteúdos relacionados aos conceitos da formação da vida, da matéria e da energia [1].

Esses conhecimentos, de acordo com Bego [2], são patrimônio histórico e sociocultural da humanidade ao qual todo cidadão tem o direito de ter acesso.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) afirma que, por meio das unidades temáticas: matéria e energia, vida e evolução e terra e universo, aliadas a elementos tecnológicos, possibilita-se aos estudantes o desenvolvimento da capacidade de "[...] compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das ciências" [1, p.323].

De acordo com Mayer et al. [3, p. 1], as maiores dificuldades enfrentadas no ensino dessa componente curricular se dá pelo fato de os estudantes sentirem falta "[...] de interação da aula teórica com a prática", ou seja, da vinculação dos conceitos abstratos com o cotidiano.

Outra peculiaridade consiste na presença de muitas concepções de senso comum que envolvem acontecimentos das Ciências, que são abarcados de forma simples, com poucos elementos, muitas vezes levando em conta apenas um aspecto, não sendo o todo do processo. Essas ideias acabam se fazendo reais para os estudantes, tornando-se uma barreira para a aprendizagem, pois esse componente é permeado por conceitos abstratos, como genética, célula, fotossíntese e sistemas do corpo humano [4].

Nessa perspectiva, a tecnologia que faz uso da impressora 3D tem obtido muito destaque na educação, uma vez que possui grande potencial no espaço educativo por favorecer a elaboração de objetos complexos como formas geométricas, células animais, bem como a representação virtual de uma usina hidrelétrica, que se alie aos conceitos de ciências em seu projeto de desenvolvimento [4, 5, 6].

Já, Aguiar [4] elaborou, para o componente de biologia celular, um protótipo em forma de ímã que demonstra a célula animal e suas organelas em relevo, sendo que o mesmo recurso pode ser empregado no ensino de eletromagnetismo. Na mesma linha de estudo, Jacintho et al. [7] empregaram a tecnologia 3D para escanear o estômago de um equino com o objetivo de auxiliar nas

atividades desenvolvidas na disciplina de anatomia. Salienta-se que a peça, ao final, apresentou a mesma geometria encontrada no modelo original, o que foi perfeitamente pertinente para sua utilização no processo de ensino-aprendizagem.

Dessa forma, percebemos que as universidades já fazem uso da tecnologia de modelagem e prototipagem 3D com o intuito de contribuir na elucidação de conteúdos da Biologia e, assim, possibilitar a construção do conhecimento através do uso de protótipos implementados na área da Educação, mais precisamente na elaboração e construção de materiais didáticos [8].

O desenvolvimento e a implementação de um material didático 3D justifica-se em razão da pouca existência de materiais didáticos destinados ao ensino de ciências nas escolas da região oeste do estado do Rio Grande do Sul – Brasil. É importante ressaltar que a seleção de conteúdos e conceitos foi realizada através de uma pesquisa que destacou o sistema circulatório como um dos temas com maior dificuldade no ensino de Ciências, uma vez que os conteúdos dessa componente possuem muitas particularidades, uma dos principais, segundo Mano e Saravali [5], está no seu caráter multidisciplinar.

Diante do exposto, sentiu-se a necessidade de elaborar um plano de intervenções a fim de implementar o modelo didático 3D, para tanto delimitou-se a Pesquisa Intervenção Pedagógica, pois, conforme Castro et al. [9, p. 1], possui o objetivo de construir conhecimento para a "aplicação prática e/ou dirigidos à superação de problemas educacionais específicos". Ressalta-se que a principal intenção desse tipo de pesquisa é "subsidiar tomadas de decisões acerca de mudanças em práticas educacionais, promover melhorias em sistemas de ensino já existentes, ou avaliar inovações" [10].

Nesse sentido, este tipo de pesquisa trata-se de uma Intervenção Pedagógica relacionada com o contexto escolar. Além disso, torna-se importante salientar que o presente estudo possui o objetivo de evidenciar as potencialidades da utilização da tecnologia 3D bem como analisar a implementação de um modelo anatômico do sistema circulatório construído através da modelagem e prototipagem 3D.

2. Percorso metodológico

A presente proposta de elaboração e implementação de material didático 3D aliado ao ensino de ciências está estruturada numa abordagem qualitativa, pois, de acordo com André [11], as pesquisas qualitativas se dedicam ao processos, isto é, objetivam identificar como os fenômenos ocorrem e como se estabelecem as relações entre esses fenômenos, ou seja, leva em conta todos os componentes de uma situação em suas interações e influências recíprocas.

Quanto aos procedimentos, caracteriza-se como Pesquisa Intervenção Pedagógica, definida por Damiani; et al. [10, p. 58] como: "investigações que envolvem o planejamento e a implementação de interferências (mudanças,

inovações) – destinadas a produzir avanços, melhorias nos processos de aprendizagem dos sujeitos que delas participam – e a posterior avaliação dos efeitos dessas interferências”.

É importante salientar que Damiani, et al. [10] defenderam o uso do termo intervenção para denominar as pesquisas no âmbito educacional que se baseiam em mudanças nos processos pedagógicos, fundamentados em um referencial teórico e com a finalidade de potencializar tais processos, que serão avaliados ao final da intervenção.

2.1. Fases do processo de desenvolvimento do material didático

Quando tratamos de desenvolvimento de protótipos, é relevante salientar que, de acordo com Aguiar [4], a elaboração de um material didático começa pela identificação do que se almeja alcançar com a sua implementação: seja contribuir para a compreensão de algum conceito, instigar a curiosidade dos estudantes, bem como auxiliar no processo de ensino-aprendizagem.

Assim, após a definição do objetivo, é necessário delinear um plano de elaboração, que consiste nas etapas onde são observadas as características materiais do objeto como: a geometria, as medidas, as interferências, entre outros.

No Quadro 1, observam-se as etapas desenvolvidas neste estudo:

Quadro 1. Etapas de desenvolvimento do prototipo

| | Planejamento (ideia) | Desenvolvimento (proposta) | Forma de execução |
|------------------|--|--|--|
| Etapas 01 | Delimitação do conteúdo | Pesquisa em sites para a procura de design de objetos prontos. | Desenho mão livre do projeto (esboços) |
| Etapas 02 | Escolha do objeto a ser construído por prototipagem 3D: corpo e coração. | Tomada de decisão para a adaptação para o público alvo: textura e cores. | Modelagem 3D do modelo do corpo humano e do coração no software (CAD) Software Solid Works |
| Etapas 03 | Impressão do coração na impressora 3D. | Detalhamento do modelo do coração. | Impresso na impressora 3D – Modelo FDM |
| Etapas 04 | Corte do corpo humano na cortadora a laser. | Detalhamento do corpo humano que será enviado para o corte. | Cortado na cortadora a laser (CAM). |

A etapa 02, marcou a realização do processo de modelagem 3D, onde se estabelece a representação virtual do objeto em meio digital. Nesse momento, foram observadas e escolhidas as ferramentas do software CAD / 3D, sendo importante destacar que consiste em uma fase em que é necessário possuir conhecimento técnico específico [12].

A preparação técnica, etapas 02 e 03, da elaboração do produto idealizado neste estudo iniciou-se na definição do

modelo a ser construído e o software a ser utilizado, no caso, o *Solid Works* versão acadêmica 2010.

No planejamento da proposição, etapa 02, foram observadas formas de contemplar a acessibilidade, assim, instituiu-se a construção de um modelo em material de Medium-Density Fiberboard (MDF) do corpo humano baseado nos esboços, onde os estudantes poderiam visualizar o coração, bem como deveriam abri-lo e explorar internamente as cavidades referentes aos átrios e ventrículos, observar as veias e artérias que trazem e levam o sangue venal e arterial.

O modelo do corpo humano foi confeccionado com o intuito de ser um quebra-cabeça, que possibilitasse aos estudantes encaixar o coração produzido em impressora 3D e, logo, prender os materiais que elucidam as artérias e veias.

Em relação à seleção dos materiais, foram selecionados os de baixo custo que contemplassem a acessibilidade, por exemplo: mangueiras para regar jardins encontradas em lojas de construção para representar as artérias e veias, madeira do tipo compensado (MDF) para ser o corpo humano estilizado, parafusos e porcas para fixar o coração no corpo humano, abraçadeiras coloridas para indicar o caminho das artérias e veias e o coração feito com polímero do tipo ABS.

2.2. Modelagem e construção dos componentes do modelo

A preparação da modelagem começou pela procura de exemplos de protótipos de coração em 3D em sites que fornecessem projetos de objetos prontos, conforme sugerido por Aguiar e Yonezawa [13], onde relatam que este se trata de um facilitador da modelagem 3D, pois possibilita a utilização de modelos virtuais prontos disponíveis em banco de dados de sites de conteúdo aberto.

Contudo, optou-se em adequar e trabalhar as adaptações através da modelagem 3D, desenvolvida em formato *Part* do *Solid works*². A interface desse programa disponibiliza funcionalidades para desenhar utilizando formas geométricas, sejam elas: círculos, linhas e retângulos. A forma de operações dessa ferramenta se assemelha a outros *softwares* de desenho em plataforma CAD.

Na Figura 1 (a), assim efetuou-se um corte vertical bem no centro do modelo 3D com o intuito de possibilitar a abertura do coração em duas partes. Os estudantes, dessa forma, são capazes de identificar os átrios e ventrículos através das cavidades que poderão ser identificadas ao toque, através dos orifícios, onde os maiores são os ventrículos e as menores os átrios. A Figura 1 (a) também mostra o coração impresso na impressora 3D marca Sethi 3D modelo AIP, 175 mm, na qual cada peça levou aproximadamente 8 horas para ser impressa. Na Figura 1 (b), aparece o corpo humano estilizado, recortado a partir do arquivo *dxf* obtido do modelo 3D do *Solid works*. A peça, juntamente com os furos, levou 3 horas para ser reproduzida na cortadora a laser configuração 1390, de

uma empresa particular do município de Bagé/RS. Na Figura 1 (c), observa-se o corpo humano já cortado na cortadora a laser com as abraçadeiras coloridas (azul e vermelho), onde serão elucidadas as veias (azul) e artérias (vermelho). É importante salientar que o modelo do corpo humano foi cortado exatamente com a altura que, em geral, possui uma criança de 12 anos e o coração, por sua vez, impresso observando a mesma proporção. A Figura 1 (d) mostra o protótipo pronto para ser implementado na escola selecionada, dessa forma podemos vislumbrar o modelo do corpo humano com o coração em 3D encaixado e as mangueiras que elucidarão as veias e artérias, onde é possível verificar os caminhos do fluxo sanguíneo no corpo humano.

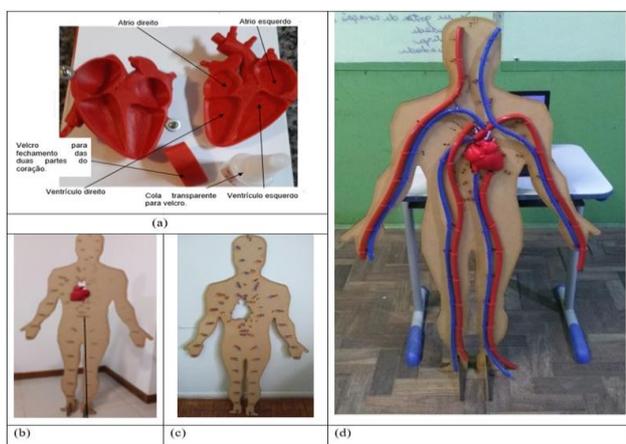


Figura 1. Modelagem do protótipo em tecnologia 3D

3. Testes

Nessa seção será apresentada a escola participante, as intervenções e a avaliação do recurso.

3.1. Intervenção na escola e turma alvo da pesquisa

A escola selecionada para implementação do material didático foi uma escola da rede pública municipal de ensino fundamental completo, localizada na zona noroeste do município de Dom Pedrito/RS. A instituição conta com 512 estudantes matriculados em dois turnos (manhã e tarde).

O município possui cerca de 40 mil habitantes, localizado na região da campanha gaúcha, tem a sua economia baseada no agronegócio, possui o total de 8 escolas situadas na zona urbana e, na seleção da escola participante da pesquisa, foi observada aquela com maior número de estudantes matriculados.

A turma selecionada é a do 7º ano que, segundo a secretaria da escola, contava com um total de 18 estudantes. É importante salientar que, apesar dessa informação, nos encontros, em nenhum momento foi observado esse número de estudantes, pois no primeiro foram identificados 14 estudantes, no segundo envolveram-se 16, no terceiro encontro, 11 e, no quarto encontro foi verificada a participação de 10 estudantes.

Foram organizados 4 encontros, utilizando diferentes tecnologias e abordagens metodológicas, logo, a fim de diagnosticar o conhecimento dos estudantes sobre o conteúdo Sistema Circulatório Humano, foi aplicado um pré-teste composto por 10 questões, 5 fechadas e 5 abertas, pois, conforme Gil [14], o pré-teste, como instrumento de coleta de dados, objetiva validar, dar clareza e precisão aos fatos.

Ao analisar as respostas dos estudantes no pré-teste, verificou-se que o conhecimento prévio do conteúdo era muito superficial, fundamentando, dessa forma, a necessidade de explorar esse conteúdo em sala de aula.

As intervenções foram organizadas e norteadas na sequência didática descrita por Zabala [15], que destaca este método por ser composto por várias atividades encadeadas de questionamentos, procedimentos e ações propostas aos estudantes. Cabe destacar que os encontros 1, 2 e 3 tiveram a duração de 1 hora/aula e o 4º ocorreu no período de 3h/aula.

O 1º encontro foi dividido em 4 momentos, que serão descritos da seguinte forma: 1) apresentação da pesquisa e da pesquisadora e do modelo didático em 3D; 2) aplicação do pré-teste; 3) demonstração sonora da música "Carinhoso" e entrega da letra aos estudantes, onde foram destacadas as seguintes frases: "Meu coração, não sei por que Bate feliz quando te vê [...], [...] Vem matar essa paixão que me devora o coração [...]"; 4) discussão sobre as expressões: a) como pode ser interpretada a expressão: "bate feliz"?; b) que relação tem o "quando te vê" com a mudança de comportamento do coração? Pode-se considerar que o coração é a "sede" dos sentimentos? e c) Em que sentido uma "paixão devora o coração?", logo, foram respondidas as seguintes questões: a) Como os sentimentos influenciam o funcionamento do coração?; b) Qual o verdadeiro papel do coração?; c) Como funciona esse órgão tão importante para o corpo humano?

No 2º encontro, foi explorado o conteúdo a partir do material didático, dividido em dois momentos: 1º) introdução do conteúdo (funcionamento do sistema circulatório, componentes do sistema circulatório e suas funções); 2º) exploração do material didático pelos estudantes.

No 3º encontro, foi solicitado aos estudantes que se organizassem em 5 grupos para solucionar a seguinte situação problema: 1) para a sua equipe, em que situações são necessários os transplantes cardíacos? 2) quais seriam as causas da insuficiência cardíaca? Após as respostas entregues e discutidas com a turma, foi demandado aos grupos que realizassem o seguinte exercício: Simule, no modelo e protótipo, a passagem do sangue no coração humano e demonstre para a pesquisadora como é o fluxo sanguíneo, logo, responda: 1) quantas e quais são as câmaras cardíacas?; 2) qual o caminho do sangue no circuito arterial?; 3) qual o caminho do sangue no circuito venoso?

Já no 4º encontro, foi feita uma exploração da metodologia ativa de ensino híbrido denominada Rotação

por estações, demonstrada no quadro 2. O planejamento dessa intervenção foi ancorado em Moran [16], que sinaliza que o uso de tecnologias no universo educacional busca transformar a sala de aula em ambientes motivadores e significativos ao aprendizado, propiciando um espaço onde o estudante sinta a necessidade de ser crítico, pesquisador e, logo, tomar decisões com o uso de conhecimentos científicos.

A realização ocorreu em um tempo de 3h/aula, com o objetivo de que os estudantes demonstrassem a sua compreensão do funcionamento do sistema circulatório por meio do material didático em 3D proposto, no qual identificassem as funções dos componentes desse sistema através das atividades identificadas no Quadro 2.

Quadro 2. Atividades desenvolvidas nas estações de trabalho

| Estações | Atividade/recurso | Detalhamento |
|----------|---|--|
| 01 | - Um notebook com fone de ouvidos; - Vídeo ³ explicando o funcionamento do sistema circulatório; - Folhas com o desenho de setas para os estudantes demonstrarem o caminho da corrente sanguínea no material didático 3D (Figura 1a). | - Apresentação dos recursos didáticos; - Orientação ao grupo para a realização da tarefa. |
| 02 | - Livros didáticos diferentes com o conteúdo sistema circulatório; - Folhas A4 para os estudantes desenharem o coração; - Telefone celular com o aplicativo Ar Medical ⁴ e merger cubo para auxiliar os estudantes com a atividade que propõe que eles desenhem e coloquem o nome nas partes que compõem o coração humano (Figura 1b). | - Apresentação e orientação para a realização da tarefa. - Orientação de como manusear o celular para a utilização do aplicativo. |
| 03 | - Folha xerocada do sistema circulatório onde o grupo deverá nomear as partes do sistema que está exposto corretamente nas partes indicadas da imagem (Figura 1c). | - Apresentação e orientação de como realizar a tarefa da estação 3; |
| 04 | - Foi disponibilizado aos grupos uma cruzadinha sobre o sistema circulatório, onde o grupo deverá completar corretamente a atividade, figura 1 (d, e); - Aplicação do pós – teste. | - Apresentação e orientação para realização da tarefa; - Aplicação do pós teste a todos os estudantes da turma. |

Na estação 1, foi disponibilizado um notebook com fone de ouvido e determinado que os estudantes assistissem ao vídeo, previamente realizado o download, do sistema circulatório humano, logo, deveriam utilizar as setas disponibilizadas para demonstrarem o caminho da corrente sanguínea no material didático 3D.

Na estação 2, foram proporcionados livros didáticos diferentes com o conteúdo explorado, folhas A4, com o intuito de os estudantes desenharem o coração humano, bem como telefone celular com o aplicativo Ar Medical e merger cubo para auxiliar com a atividade de colocar o nome nas partes que compõem o coração humano.

A estação 3 continha uma folha xerocada do sistema circulatório; nela os estudantes deveriam nomear as partes do sistema circulatório humano (Figura 1c).

Por fim, na estação 4, disponibilizou-se aos grupos uma cruzadinha sobre o sistema circulatório; nesta atividade, foi estabelecido que os estudantes deveriam completá-la conforme figura 1 (d, e).

Após a passagem dos grupos de estudantes por cada uma das estações, foi aplicado o pós-teste com objetivo de verificar se ocorreu a construção do conhecimento sobre o conteúdo abordado.

3.2. Avaliação do recurso

Após desenvolver o modelo didático, torna-se importante ressaltar que a sua avaliação ocorreu de duas formas: a primeira trata-se da avaliação de sua eficiência por meio da interação dos estudantes com o material, sua utilidade nos encontros, identificação dos estudantes com o produto e as suas considerações ao manusearem o material.

A segunda avaliação ocorreu no início das atividades e no final, por meio da aplicação de 2 testes idênticos que foram denominados de pré-teste e pós-teste, com 5 perguntas fechadas e outras 5 abertas. As questões apresentadas nos testes foram: (questão 1) O coração humano é um órgão formado por: essa questão possuía o objetivo de compreender se os estudantes conheciam que o coração humano é formado por quatro cavidades, sejam elas, dois átrios e dois ventrículos (esquerdo e direito); a (questão 2) O sangue humano tem os seguintes componentes: nesse questionamento observou-se se os estudantes tinham o conhecimento de que o sangue humano é composto por hemácias, leucócitos, plaquetas e plasma; (questão 3) Quais são os vasos sanguíneos presentes no corpo humano? Já que iríamos explorar no material didático as artérias, veias e capilares, era conveniente entender se os estudantes conheciam os vasos sanguíneos e as diferenças entre eles; (questão 4) A função do coração para o corpo humano é: ao explorar essa questão, tinha-se o intuito de compreender se os estudantes tinham conhecimento de que a função do coração humano é bombear o sangue, desmistificando o coração como um órgão de sentimentos; e (questão 5). A principal função do sangue para o corpo humano é: o objetivo dessa questão era identificar se os estudantes conheciam o sangue como o principal agente do transporte de substâncias pelo corpo humano.

As perguntas abertas (6 ao 10) contavam com os seguintes enunciados: (questão 6). Você sabe qual a principal causa de morte das pessoas em nosso país, no mundo? Se sim, escreva qual você acha que é. Essa questão tinha o intuito de compreender qual o conhecimento dos estudantes em relação às doenças do sistema cardiovascular que são as que mais matam pessoas no mundo; (questão 7). Você sabe quais são as principais doenças cardiovasculares? Se sim, cite. Esse questionamento teve o intuito de identificar se os estudantes conheciam as principais doenças cardiovasculares e, assim, poder comentar nos encontros ou trazer material mais consistente para contextualizar o

tema; (questão 8). Você sabe por que é importante a prática de exercícios físicos rotineiramente? Explique. Essa pergunta objetivou conhecer os hábitos esportivos dos estudantes e, logo, demonstrar o quanto essa prática é salutar na prevenção de doenças cardiovasculares; (questão 9). A sua alimentação é baseada em hábitos saudáveis e que ajudam na prevenção de doenças ou essa não é uma preocupação na hora de escolher os alimentos? Explique. Essa questão teve o propósito de conhecer os hábitos alimentares dos estudantes, se alguns tinham algum tipo de dieta restrita para explorar essa informação relacionada às doenças cardiovasculares; e (questão 10). Você sabe quais são os fatores de risco para as doenças cardiovasculares? Se sim, cite. Esse questionamento visava entender se os estudantes conheciam os fatores de risco como sedentarismo, dietas à base de gordura e carboidratos, hábitos como o fumo e o álcool como fatores que desencadeiam e agravam as doenças cardiovasculares.

4. Análise e discussão dos resultados

Nesta seção será apresentada a escola participante, as intervenções e a avaliação do recurso. A análise dos resultados ocorreu em função das seguintes categorias: interação dos estudantes com o material didático 3D e a avaliação do processo de ensino-aprendizagem na construção do conhecimento. Ao serem observadas as interações dos estudantes, verificou-se que os grupos em geral conversavam entre si, distribuíam tarefas e interagiam de modo colaborativo a fim de realizar as atividades estabelecidas no tempo determinado em cada estação de trabalho. Conforme Salerno [17], a escola é considerada um ambiente imediato no qual os estudantes irão desempenhar diferentes papéis, apropriar-se da compreensão das diversidades ali presentes e, assim, construir seus conhecimentos. Logo, a adaptação ocasionada por esses contatos implicará o desenvolvimento dos estudantes com a influência de seus colegas e professores.

Em relação à interação com o material didático em 3D e a sua efetividade no processo de ensino-aprendizagem, durante sua implementação, percebeu-se que os estudantes se identificaram com protótipo durante os encontros, apresentando suas ideias conforme relato de um estudante: "Nossa, professora, esse menino sou eu?! Eu sou assim por dentro? O meu coração é assim mesmo? Nossa, que legal!"

Essa identificação tornou-se positiva e potencializada pela apresentação de ideias e perspectivas dos estudantes na utilização do material didático implementado. Suas reações às primeiras atividades de aprendizagem foram identificadas como "muito diferentes dos que costumávamos fazer".

Com o decorrer da implementação do material didático 3D e diante da diversidade de "atividades diferenciadas e muito interessantes", os estudantes foram experimentando o material e se envolvendo no processo com muito entusiasmo ao verem algo novo e diferente, instigante e desafiador, corroborando com Fabianovicz [18], quando

relata que a utilização de práticas pedagógicas diferenciadas propicia a construção de relações entre todos os envolvidos, chegando a resultados positivos de aprendizagem.

Essa reação positiva foi se acentuando à medida que a implementação do material Didático 3D avançava, sendo observado o envolvimento efetivo de todos os estudantes constantemente. Essa constatação vem ao encontro dos estudos Souza [19], quando afirma que o uso de materiais didáticos diferenciados é extremamente relevante na exposição de um determinado conteúdo, sendo a aplicação em sala de aula a melhor maneira de verificar a interação do estudante com o conteúdo, com os colegas, com o professor e, logo, com a construção de sua aprendizagem.

A Figura 2 (a) mostra os materiais disponíveis para o desenvolvimento da atividade referente à estação 1. Na estação 2, Figura 2 (b), os estudantes tinham como auxiliares, diferentes livros didáticos que continham o conteúdo do sistema circulatório, o recurso de realidade aumentada e folhas onde deveriam desenhar o coração humano e seus componentes. Já na estação 3, eram distribuídas folhas xerocadas com as atividades sobre o conteúdo do sistema circulatório. Logo, os estudantes deveriam nomear as partes do sistema circulatório corretamente nas partes indicadas, conforme Figura 2 (c). A estação 4 consistia na disponibilização de uma cruzadinha sobre o sistema circulatório. O grupo deveria completar as linhas verticais e horizontais corretamente, conforme visualizamos na Figura 2 (d,e).

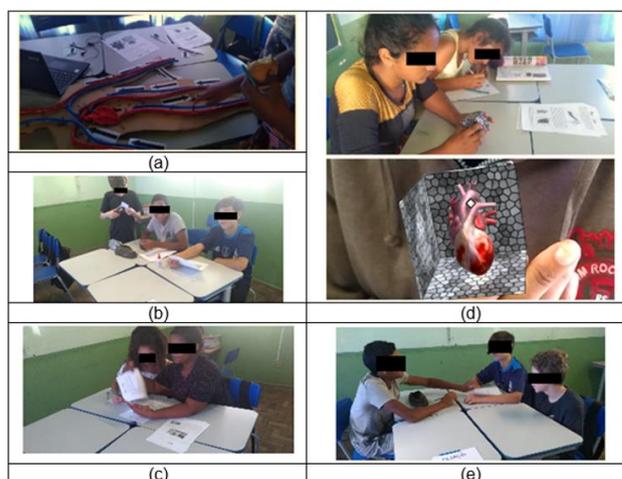


Figura 2. Estações de trabalho 1, 2, 3 e 4

Identificou-se que apenas um grupo não completou as tarefas propostas (estações 1 e 4), em razão do término de tempo (foram determinados vinte minutos em cada estação). Mas torna-se importante destacar que em todos os grupos foram observadas as interações, o trabalho colaborativo e a auto-organização, através da divisão das tarefas e dos debates onde foram respeitadas as opiniões dos colegas.

Esse dado corrobora com os estudos de Salvador [20], quando ressalta a importância ao analisar a interação grupal, uma vez que, ao atentarmos a existência do trabalho colaborativo, percebe-se o quanto a atividade

torna-se positiva em razão da socialização, da aquisição de aptidões e habilidades, do grau de adaptação às normas estabelecidas, pois a sala de aula converte-se em um ambiente de reflexão, através da troca mútua e do diálogo durante a realização das tarefas, estimulando a discussão e proporcionando reflexão sobre suas ações e as tomadas de decisões. Ao serem questionados, os grupos relataram que a estação que ocasionou maior interesse e maior concentração foi a 1 e que a 3 foi considerada menos interessante e mais difícil de realizar.

4.1. A avaliação do processo de ensino-aprendizagem: a construção do conhecimento

Quando se reflete sobre o processo de avaliação, torna-se necessário compreender que se trata de um processo amplo, contínuo e formativo, tanto para o estudante quanto para o professor.

Nessa perspectiva, através da implementação do material didático 3D, a fim de avaliar o processo foi utilizado um pré-teste para compreender o conhecimento prévio e, após o término das intervenções, foi aplicado o pós-teste organizado com as mesmas questões. As avaliações do aprendizado das questões fechadas podem ser observadas na tabela 1 a seguir.

Tabela 1. Cruzamento das questões fechadas (pré – teste x pós-teste)

| Cruzamento das questões fechadas | | | | |
|---|------------------------------|-------|------------------------------|-------|
| Questões | Pré-teste (14 estudantes) | | Pós-teste (10 estudantes) | |
| | Acertos | Erros | Acertos | Erros |
| | (%) | (%) | (%) | (%) |
| 1. O coração humano é um órgão formado por: | 1 | 13 | 5 | 5 |
| 2. O sangue humano tem a seguinte os seguintes componentes: | 3 | 11 | 7 | 3 |
| 3. Quais são os vasos sanguíneos presentes no corpo humano? | 6 | 8 | 10 | 0 |
| "4. A função do coração para o corpo humano é:" | 10 | 4 | 10 | 0 |
| "5. A principal função do sangue para o corpo humano é:" | 2 | 12 | 7 | 3 |

No Quadro 3, podem-se visualizar as questões fechadas de 1 a 5, a quantidade de erros e acertos no pré-teste e os erros e acertos no pós-teste, logo, percebe-se o aumento de questões certas respondidas pelos estudantes após a implementação do material didático 3D, identificando, no pré-teste, o pouco conhecimento prévio sobre o conteúdo Sistema Circulatório humano.

Quadro 3. Cruzamento das questões fechadas (pré – teste x pós-teste)

| Cruzamento das questões fechadas | | | | |
|---|------------------------------|-------|------------------------------|-------|
| Questões | Pré-teste (14 estudantes) | | Pós-teste (10 estudantes) | |
| | Acertos | Erros | Acertos | Erros |
| 1. O coração humano é um órgão formado por: | 1 | 13 | 5 | 5 |
| 2. O sangue humano tem a seguinte os seguintes componentes: | 3 | 11 | 7 | 3 |
| 3. Quais são os vasos sanguíneos presentes no corpo humano? | 6 | 8 | 10 | 0 |
| "4. A função do coração para o corpo humano é:" | 10 | 4 | 10 | 0 |
| "5. A principal função do sangue para o corpo humano é:" | 2 | 12 | 7 | 3 |

Em relação às respostas das questões abertas do pré-teste, observamos que os estudantes possuíam pouco conhecimento prévio das doenças que afetam o sistema cardiovascular, conforme pode ser visualizado no Quadro 4.

Quadro 4. Cruzamento das questões abertas (pré – teste x pós-teste)

| Cruzamentos das questões abertas | | | | |
|---|--|---|---|---|
| Questões | Pré-teste (14 estudantes) Respostas com maior frequência | Pós-teste (10 estudantes) Respostas com maior frequência | Não respondeu | |
| | | | Pré | Pós |
| | | | 6. Você sabe qual a principal causa de morte das pessoas em nosso país, no mundo? | "câncer", "gripe", "AVC", "ataque cardíaco" |
| 7. Você sabe quais são as principais doenças cardiovasculares? | "não", "infarto e AVC", | "infarto", "AVC"; "hipertensão, derrame". | 7 | 1 |
| 8. Você sabe por que é importante a prática de exercícios físicos rotineiramente? | "trabalhar o funcionamento do corpo", "faz bem. | "prevenir doenças cardiovasculares"; "limpar as veias e artérias" | 4 | 2 |
| 9. A sua alimentação é baseada em hábitos saudáveis e que ajudam na prevenção de doenças? | "não me preocupo", "não dou bola", "como qualquer" | "após as aulas tento não comer besteiras"; "tenho mais cuidado depois que estudamos". | 3 | 2 |

| | <i>coisa</i> " | | | |
|---|---|--|---|---|
| 10. Você sabe quais são os fatores de risco para as doenças cardiovasculares? | "não", "não sei", "aliment o com gordura" | "mal alimentação e falta de exercícios"; "não ter uma boa alimentação e fumar." | 6 | 2 |

Verifica-se que grande parte dos estudantes responderam que o Câncer era o principal causador de mortes de pessoas no Brasil e no mundo e que desconheciam as principais doenças cardiovasculares. Alguns reponderam que a prática de esportes era importante para o bom funcionamento do corpo e que não se preocupavam muito com suas alimentações, assim sendo, o "não sei" foi a resposta recorrente ao serem questionados sobre os fatores de riscos para as doenças cardiovasculares.

Logo, é relevante destacar que, no pós-teste, verificamos que a maioria dos estudantes respondeu de forma correta fundamentados nas intervenções propostas e no uso do material didático 3D, o que comprova que existiu a construção do conhecimento do conteúdo e do material explorado.

Dessa forma, destacamos que a eficiência do material didático 3D vincula-se ao seu potencial de interação, em relação à possibilidade de manipular o sistema circulatório humano, corroborando com Silva [21], quando afirma que, ao se discutirem questões relacionadas ao ensino-aprendizagem, o conhecimento deve ser vislumbrado de forma interativa, de maneira que todos os sujeitos participem da sua construção em um ambiente onde seja ofertado um clima de autonomia e colaboração [21].

Nessa perspectiva, conforme Sant'Anna [22], a avaliação em si não é instrumento para mensurar o rendimento do estudante, mas sim o processo de ensino-aprendizagem, logo, foi possível observar que a implementação do material didático 3D aliado às intervenções propiciou a ligação entre a teoria e a prática do conteúdo sistema circulatório humano, possibilitando, dessa forma, a construção do conhecimento dos estudantes dessa turma da escola municipal que foi investigada.

Ao analisar as interação dos estudantes com o material por meio das intervenções, percebeu-se que todos se mostraram receptivos às atividades propostas e foi possível perceber o envolvimento e curiosidade, por meio de questionamentos e interação com o material e com os colegas, conforme destaca-se na narrativa de dois estudantes, quando, questionados quanto à aparência e ao uso do material. Vale destacar que foi reproduzido na íntegra, conforme eles falaram. Estudante 6 "*Muito diferente o material, com ele fica fácil de entender como é composto o coração e poder pegar e abrir ele foi sensacional*". Já o estudante 7 "*Eu consegui entender as doenças que acontecem no coração, nas veias e artérias. Ver o coração por dentro, entender as partes fazem parte. Só com a explicação eu não ia conseguir*".

Esses relatos demonstram que os estudantes se manifestaram de forma positiva ao serem questionados sobre a implementação do material didático 3D.

Cabe evidenciar que experimentar e manusear o material didático 3D proporcionou aos estudantes o ato de observar, obter e organizar os dados das atividades, bem como possibilitou a discussão em grupo a respeito do tema.

Dessa forma, é possível produzir conhecimento a partir de intervenções aliadas a aulas expositivas e metodologias ativas, oportunizando ao estudante tornar-se sujeito da aprendizagem [23].

Conclusões

Através da análise do material didático 3D, evidenciamos que ocorreu interação do estudantes com a invenção. A experiência mostrou que os estudantes compartilharam suas dúvidas, trocaram ideias entre si, distribuíram tarefas, interagindo e manipulando o material proposto, sendo este um resultado extremamente relevante para todos os envolvidos nesse processo. Diante disso, o material desenvolvido apresentou conformidade com os objetivos propostos, com grande potencial pedagógico.

Em relação à efetividade no processo de ensino-aprendizagem dos estudantes, percebemos que as ferramentas e técnicas disponibilizadas oportunizaram a eles o contato com o objeto concreto que proporcionou visualizar e experimentar como se constitui o sistema circulatório humano.

Enfim, a implementação tornou os encontros dinâmicos, possibilitando que os estudantes compreendessem de forma interativa e dialogada o conteúdo, bem como desenvolveram a criatividade, habilidades e trabalho colaborativo.

Notas

¹ Formato *Part* trata-se de arquivo CAD nativo do *software*. Possibilita a criação de modelos individuais em formato SLDPRT. Site: GURU. Disponível em: <https://cad.cursosguru.com.br/curiosidade-sobre-os-formatos-nativos-do-solidworks/>. Acesso em 19 jun 19.

² O vídeo utilizado para demonstração do funcionamento do sistema circulatório humano encontra-se disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=PtII0icorOE>. Acesso em: 23 jul 19.

³ O aplicativo *Ar Medical* é disponibilizado na plataforma Google Play e caracteriza-se como um dispositivo holográfico que possibilita a interação com o *merger cube*, através da realidade aumentada, auxiliando no processo de ensino-aprendizagem. Para utilizar o *merger cube*, é necessário fazer download do *app* (smartphone ou tablet) abri-lo e direcioná-lo ao cubo.

Referências

- [1] Brasil. Ministério da Educação. "Base Nacional Comum Curricular". Brasília, 2017. [Online]. Available: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/> Acesso em 14 maio 2020.
- [2] A. M. Bego, "Transformações Químicas e suas representações" in *Cadernos dos cursinhos pré-universitários da Unesp - Ciências da natureza: Química*, A. M. Bego, Org., São Paulo: Cultura Acadêmica, 2016, pp. 31-69.
- [3] K. C. M. Mayer, J. S de Paula and L. M. Santos. J. A de Araujo, "Dificuldades encontradas na disciplina de ciências naturais por alunos do ensino fundamental de escola pública da cidade de Redenção – PA," *Revista Lugares de Educação [RLE]*, vol. 3, no. 6, pp. 230-241, 2013.
- [4] L. D. C. D. Aguiar, "Um processo para utilizar a tecnologia de impressão 3D na construção de instrumentos didáticos para o Ensino de Ciências," Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2016.
- [5] A. de M. P. Mano and E. G. Saravali, "Conteúdos difíceis de ensinar na perspectiva de professores de ciências," in *Congresso de educadores - Eixo 1. Formação inicial de professores da educação básica*, 2017.
- [6] F. P. Silva, A. S. Grassi, H. Meurer, P. A. de F. Cabral Junior, R. M. Boucinha and F. Schnaid, "Desenvolvimento de protótipo de objeto de aprendizagem virtual para uso em Engenharia," in *IX Salão de Ensino UFRGS*, 2013. [Online]. Available: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/98709> Acesso em: 07 maio 2020.
- [7] D. M. Jacintho, C. C. Ferreira, R. F. Graup, P. de Souza Junior and A. D. Carvalho. "Uso do scanner 3D para digitalização de um estômago de equino," in *Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, vol. 8, no. 1, 2016. SALÃO DE ENSINO. Disponível em: <http://publicase.unipampa.edu.br/index.php/siepe/article/view/19248/7541> Acesso em: 26 fev 2020.
- [8] R. Lemke, I. Z. Siple and E. B. Figueiredo, "OAs para o ensino de cálculo: potencialidades de tecnologias 3D," *Revista Novas Tecnologias na Educação*, CINTED-UFRGS. Porto Alegre, 2016.
- [9] R. F. Castro, A. G. Carvalho, H. P. Brito, G. Berbet and K. K. C. Cunha. "Propostas de Intervenção Pedagógica de Estagiários para o Ensino de Biologia em Escolas Públicas de Porto Velho," *Revista Multidisciplinar em Educação*, 2018.
- [10] M. F. Damiani, R. S. Rochefort, R. F. Castro, M. R. Dariz and S. S. Pinheiro, "Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica," *Cadernos de Educação*, no.45, pp. 57-67, 2013.
- [11] M. André and B. A. Gatti, "Métodos Qualitativos de Pesquisa em Educação no Brasil: origens e evolução" in *Simpósio Brasileiro - Alemão de Pesquisa Qualitativa e Interpretação de Dados*, Faculdade de Educação da Universidade de Brasília, março de 2008.
- [12] P. L. Amaral and J. C. Silva, "Tutorial sobre Modelagem 3D da Estrutura Principal do Prédio Massambará e de Elementos Externos," *Revista Rio*, no. 6, 2014.
- [13] L. D. C. D. Aguiar and W. M. Yonezawa, "Construção de instrumentos didáticos com impressoras 3D," in *IV Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia*, Ponta Grossa, PR, 2014.
- [14] A. C. Gil, *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 5 ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- [15] A. Zabala, *A prática educativa: Como ensinar*. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul Ltda, 1998.
- [16] J. M. Moran, "Ensino e aprendizagem inovadores com apoio de tecnologias," *Novas tecnologias e mediação pedagógica*. 21ª ed. Rev. e atual. – Campinas, SP: Papirus, 2013.
- [17] M. B. Salerno, "Interação entre alunos com e sem deficiência na Educação Física escolar: validação de instrumento," Dissertação de Mestrado apresentada à Pós-Graduação da Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual de Campinas, 2009.
- [18] A. C. Fabianovicz, "Socioeducação e a Prática Pedagógica Restaurativa," in *Reunião Científica Regional da ANPED – XI ANPED SUL*, UFPR, Curitiba, Paraná, 2016. [Online]. Available: http://www.anpedsul2016.ufpr.br/portal/wp-content/uploads/2015/11/eixo20_ANA-CRISTINA-FABIANOVCZ.pdf Acesso em: 17 maio 2020.
- [19] S. E. Souza, "O uso de recursos didáticos no ensino escolar," in *I Encontro de Pesquisa em Educação, IV Jornada de Prática de Ensino, XIII Semana de Pedagogia da UEM: "Infância e Práticas Educativas"*, 2007. [Online]. Available: <http://www.dma.ufv.br/downloads/MAT%20103/2015-II/slides/Rec%20Didaticos%20-%20MAT%20103%20-%202015-II.pdf> Acesso em: 20 de maio 2020.
- [20] C. C. Salvador, *Aprendizagem Escolar e construção do conhecimento*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.
- [21] A. V. M. Silva, *Autonomia como Princípio Educativo: reflexões a partir das teorias pedagógicas no contexto educacional brasileiro entre os séculos XIX e XX*. 2009. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, 2009.
- [22] I. M. Santanna, *Por que Avaliar?: Como Avaliar? Critérios e Instrumentos*. Petrópolis, RJ: Vozes, 1995.
- [23] D. Viviani, A. Costa, *Práticas de Ensino de Ciências Biológicas*. Centro Universitário Leonardo da Vinci, Indaial, Grupo UNIASSELVI, 2010.

Informação de contato dos autores:

Cíntia Rochele Alves de Oliveira

Dom Pedrito
Rio Grande do Sul
Brasil

cintiarochele@gmail.com

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-6686-5021>

Profa. Dra. Claudete da Silva Lima Martins

Bagé
Rio Grande do Sul
Brasil

claudeteslm@gmail.com

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-9221-6065>

Prof. Dr. Cristiano Corrêa Ferreira

Bagé
Rio Grande do Sul
Brasil

cristianoferreira@unipampa.edu.br

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-7676-9233>

Cíntia Rochele Alves de Oliveira

Graduada em Licenciatura em Ciências da Natureza pela Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA, mestranda do PPG Mestrado Acadêmico em Ensino da UNIPAMPA.

Claudete da Silva Lima Martins

Graduada em Pedagogia pela Universidade da Região da Campanha. Doutora em Educação pela Universidade Federal de Pelotas – UFPEL. Professora adjunta da Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA.

Cristiano Corrêa Ferreira

Graduado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Pelotas. Doutor em Engenharia de Minas, Metalurgia e de Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Professor adjunto da Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA.
