

Avanços na educação: treinamento de anatomia humana através da realidade virtual

-----  
*Advances in education: human anatomy training through virtual reality*

-----  
*Avances en educación: formación en anatomía humana mediante realidad virtual*

Kauane Lysien Costa Ferreira<sup>1</sup>  
Andrea Teresa Riccio Barbosa<sup>2</sup>

**Resumo:** Esta pesquisa visou o desenvolvimento de um aplicativo de Realidade Virtual (RV) voltado para o ensino de anatomia humana. A necessidade de inovação na educação é uma questão global urgente. Nesse contexto, o desenvolvimento de tecnologias que proporcionem novos meios de aprendizado torna-se cada vez mais relevante, especialmente em situações em que o ensino prático presencial é impraticável. Solução proposta: Propõe-se a criação de um laboratório virtual de anatomia humana de baixo custo, capaz de simular a experiência das aulas práticas. Como método, foi realizado um estudo empírico para identificar os recursos desejáveis em um laboratório virtual de anatomia na área da saúde. Além disso, foi usada uma abordagem descritiva para estabelecer o conteúdo apropriado para um laboratório virtual com foco no sistema locomotor humano. A partir desses dados, o laboratório virtual foi desenvolvido usando a linguagem de programação JavaScript e a plataforma Kodular. A implementação de um laboratório de RV para o ensino de anatomia pode levar a uma economia significativa em infraestrutura nas universidades públicas. No âmbito científico, o aplicativo desenvolvido democratizará o acesso à informação, facilitando o trabalho prático para um número maior de usuários. Além disso, contribuirá para a redução dos custos associados à aquisição de cadáveres para laboratórios práticos e à manutenção de instalações físicas em instituições públicas de ensino. No contexto educacional, os alunos da área de saúde poderão explorar as vantagens e potencialidades da RV no ensino, o que pode enriquecer significativamente o processo de aprendizado prático.

**Palavras-chave:** Anatomia humana. Laboratório virtual. Realidade virtual. Sistema locomotor.

**Abstract:** *This research aimed to develop a Virtual Reality (VR) application for teaching human anatomy. The need for innovation in education is an urgent global issue. In this context, the development of technologies that provide new ways of learning is becoming increasingly relevant, especially in situations where practical face-to-face teaching is impractical. Proposed solution: We propose the creation of a low-cost virtual human anatomy laboratory, capable of simulating the experience of practical classes. As a method, an empirical study was carried out to identify the desirable features of a virtual anatomy laboratory in the health sector. In addition, a descriptive approach was used to establish the appropriate content for a virtual laboratory focusing on the human locomotor system. Based on this data, the virtual laboratory was developed using the JavaScript programming language and the Kodular platform. The implementation of a VR laboratory for teaching anatomy could lead to significant savings in infrastructure at public universities. In the scientific sphere, the application developed will democratize access to information, making practical work easier for a greater number of users. It will also help to reduce the costs associated with*

---

1 Mestranda no Programa de Pós-Graduação de Computação da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), [klysien@gmail.com](mailto:klysien@gmail.com)

2 Doutora em Engenharia Elétrica, Docente no Programa de Mestrado Profissional em Eficiência Energética e Sustentabilidade e do Programa de Mestrado Profissional em Computação Aplicada da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), [andrea.barbosa@ufms.br](mailto:andrea.barbosa@ufms.br)

*acquiring cadavers for practical laboratories and maintaining physical facilities at public educational institutions. In the educational context, health students will be able to explore the advantages and potential of VR in teaching, which can significantly enrich the practical learning process.*

**Keywords:** Human anatomy. Virtual lab. Virtual reality. Locomotor system.

**Resumen:** El objetivo de esta investigación era desarrollar una aplicación de Realidad Virtual (RV) para la enseñanza de la anatomía humana. La necesidad de innovación en la educación es una cuestión urgente a nivel mundial. En este contexto, el desarrollo de tecnologías que proporcionen nuevas formas de aprendizaje es cada vez más relevante, especialmente en situaciones en las que la enseñanza práctica presencial resulta inviable. Solución propuesta: Proponemos la creación de un laboratorio virtual de anatomía humana de bajo coste capaz de simular la experiencia de las clases prácticas. Como método, se realizó un estudio empírico para identificar las características deseables de un laboratorio virtual de anatomía en el sector sanitario. Además, se utilizó un enfoque descriptivo para establecer el contenido adecuado para un laboratorio virtual centrado en el aparato locomotor humano. A partir de estos datos, se desarrolló el laboratorio virtual utilizando el lenguaje de programación JavaScript y la plataforma Kodular. La implantación de un laboratorio de RV para la enseñanza de la anatomía podría suponer un importante ahorro en infraestructuras en las universidades públicas. En el ámbito científico, la aplicación desarrollada democratizará el acceso a la información, facilitando el trabajo práctico a un mayor número de usuarios. También contribuirá a reducir los costes asociados a la adquisición de cadáveres para los laboratorios prácticos y al mantenimiento de las instalaciones físicas de los centros educativos públicos. En el contexto educativo, los estudiantes de ciencias de la salud podrán aprovechar las ventajas y el potencial de la RV en la enseñanza, lo que puede enriquecer notablemente el proceso de aprendizaje práctico.

**Palabras-chave:** Anatomía humana. Aparato locomotor. Laboratorio virtual. Realidad virtual.

## INTRODUÇÃO

A inovação na educação é uma questão global crucial, acentuada no contexto de uma pandemia. Hoje, o foco está em garantir que a informação seja disseminada para o maior número possível de pessoas, no menor tempo possível, enquanto elimina barreiras como distância e tempo. A demanda para criar, dominar e inovar com ferramentas e instrumentos tecnológicos que auxiliem no processo de treinamento prático, principalmente para profissionais de saúde, é alimentada pela necessidade humana de estar sempre atualizado e de gerar e disseminar novas informações (PELARGOS et al.; 2017).

Em termos de ensino de anatomia humana, o estudo de cadáveres tem sido a base do conhecimento desde os tempos de Hipócrates. No entanto, a qualidade visual dos cadáveres ou de partes anatômicas nem sempre é garantida, e isso impacta o desenvolvimento de aulas. Para resolver isso, implementaram-se modelos didáticos, como softwares, vídeos, atlas e modelos sintéticos, para suprir a ausência de cadáveres, constituindo métodos eficazes no processo de ensino-aprendizagem (TESTUT, 2017).

Contudo, a questão principal da pesquisa se centra na necessidade de desenvolver tecnologias mais adequadas, como as imersivas de RV, para dar suporte ao ensino prático em disciplinas na área da saúde, especialmente em ambientes onde as aulas presenciais são impossíveis, como no caso de uma pandemia. Neste contexto, a motivação surge para criar um “laboratório virtual de anatomia humana” de baixo custo, que permita aos alunos ter auxílio nas aulas práticas por simulação.

Objetivo geral da pesquisa foi desenvolver um aplicativo de RV não imersivo para a prática de anatomia do sistema locomotor humano, tendo os seguintes objetivos específicos: a) mapear as características necessárias de um laboratório virtual de anatomia humana nos cursos da área de saúde; b) modelar o aplicativo do sistema de locomoção humana a ser utilizado no desenvolvimento do laboratório virtual; e c) projetar um protótipo do laboratório.

A justificativa para a investigação reside nos inúmeros impactos positivos que ela proporciona. O mais significativo encontra-se na área educacional, onde o discente da área da saúde poderá perceber vantagens e potencialidades que o uso da RV no ensino de anatomo-

mia pode oferecer no processo de aprendizado prático, além das limitações e dificuldades. E, também, será uma ferramenta que poderá auxiliar no ensino não presencial em casos de calamidade pública, como e o da pandemia da COVID-19.

Com relação a contribuição científica o aplicativo desenvolvido poderá tornar a informação de qualidade acessível a um maior número de usuários, facilitando apresentações, conferências, exposições e trabalhos práticos em sala de aula. A proposta é oferecer imersão aos alunos, professores e instituições acadêmicas, pois com menos recursos será possível se obter resultados inovadores e de qualidade. Poderá simplificar o processo ensino-aprendizagem, aproximando o conteúdo acadêmico dos usuários, a fim de despertar o seu interesse, principalmente em atividades de caráter prático.

No que diz respeito a contribuição financeira, percebe-se que poderá acarretar a diminuição dos gastos com a compra de cadáveres para laboratórios de prática e com redução de instalações físicas em instituições de ensino públicas, que sofrem constantes cortes de verbas, muitas vezes, impossibilitando o desempenho de suas atividades com excelência. Esta pesquisa poderá, portanto, promover uma possível redução de custos, diminuindo a necessidade de investimento em laboratórios de saúde pelas instituições de ensino, substituindo-o pelo uso de laboratórios de RV.

Com relação as demais contribuições, pode-se fazer referência ao local de desenvolvimento e aplicação do trabalho, uma vez que há poucas pesquisas sobre o assunto e as informações obtidas serão úteis para disseminar outras. Não apenas no laboratório de anatomia da IES, mas possivelmente nas proximidades e nas diversas localidades do país, visto que a produção local é que motiva a investigação ou meta-análise a nível nacional ou internacional. Da mesma forma, as propostas e recomendações fornecidas serão úteis para se aplicar adequadamente a RV nos laboratórios de anatomia das demais universidades.

## 2 TRABALHOS RELACIONADOS

Realizou-se uma consulta de trabalhos relacionados durante o período de março a junho de 2021, e a data de publicação dos trabalhos analisados não foi fixada. Optou-se por artigos das bases de dados do Portal de Periódicos da Capes que são acessíveis dentro da universidade e possibilita que se realize busca de artigos em bases de dados relacionados, tais como Elsevier, Springer, Ebsco, IEEE, entre outros. Encontrou-se na plataforma do Portal de Periódicos da Capes 20 artigos, relacionados ao tema. Selecionou-se, após uma primeira análise, 11 trabalhos para uma leitura mais detalhada.

Observou-se que na plataforma resultados melhores são recuperados através da busca com palavras-chaves na língua inglesa. Delimitou-se a busca por bases de dados de periódicos selecionando-se as seguintes: Scopus (Elsevier), Web of Science, Gale, Directory of Open Access Journals (DOAJ), Springer, Science Direct, Wiley Online Library e Taylor & Francis Online. As palavras chaves utilizadas nessas pesquisas foram:

- a) Virtual reality;
- b) Virtual lab;
- c) Laboratory practices;
- d) Laboratories of teaching centers;
- e) Virtual reality in teaching anatomy;
- f) Implementation of a virtual laboratory.

Bacarea et al. (2019) publicaram um artigo sobre o desenvolvimento de um laboratório virtual 3D para dissecação anatômica na University of Medicine, Pharmacy, Science and Technology Târgu Mureș. Os autores afirmam que, desde 2013, construíram um Laboratório de Dissecação Virtual 3D, no Departamento de Anatomia Humana da Universidade. O laboratório inclui hardware pronto para uso e software de código aberto / gratuito: uma mesa de dissecação virtual 2D avançada, baseada em multitoque (mais de 50 pontos de toque) e uma matriz de exibição 3D, usando óculos 3D passivos.

No artigo de Guerrero et al. (2008) apresentam-se o design e construção de um protótipo de baixo custo de um sistema de imersão

virtual de duas telas. Foram construídos três protótipos, um de mesa e dois em tamanho real, nos quais foram realizados diversos testes com animações criadas em softwares de modelagem e animação 3D.

O sistema imersivo apresentado na pesquisa foi implementado em uma estação de trabalho DELL Precision 630 equipada com uma placa de vídeo NVIDIA QUADRO4 580 XG. Para o software de modelagem e animação 3D (3D AutoDesk Maya 7.0), duas câmeras (volumes de visualização) foram criadas de acordo com o volume de visualização imersiva. Um conjunto de animações 3D foi criado com objetos que entravam e saíam de cada um dos volumes de visualização. Para cada uma das animações, um processo de renderização independente foi realizado para cada câmera.

Por outro lado, o protótipo final implementado conseguiu superar a necessidade de espaço físico, com cortinas flutuantes em estrutura portátil o que permitiu sua montagem e desmontagem. Nota-se que nesse caso a montagem era um problema do sistema imersivo, devido à necessidade de calibração manual das projeções, toda vez que o sistema era montado. Destaca-se também a versatilidade do protótipo de mesa, pois permitiu uma montagem rápida e pouca necessidade de espaço na realização de todos os testes, pois não era em tamanho real.

No trabalho, Kharki et al. (2021) apresentaram o uso da simulação computacional combinada com a linguagem de programação JavaScript para o desenvolvimento de um laboratório virtual de baixo custo, integrado a um ambiente interativo de aprendizagem baseado na plataforma Moodle. O Easy JavaScript Simulations (EJSS) foi usado para criar e desenvolver laboratórios virtuais para o ensino de ciências. Mas, ainda foi necessário criar uma interface gráfica interativa de usuário, para desenvolver aspectos tecnopedagógicos inovadores, permitindo aos alunos um novo paradigma de trabalho prático de aprendizagem.

Concluíram que por meio da pesquisa, contribuíram com metodologias de aprendizagem de estudantes de medicina. Nos estudos médicos, tanto o conhecimento teórico quan-

to o prático têm um papel vital, enquanto a repetição da prática pode melhorar a competência profissional dos jovens médicos. A RV foi considerada melhor para estudantes de medicina em relação à motivação e competência de aprendizagem. Estudantes de medicina e educadores podem selecionar a RV como nova metodologia de aprendizagem para o aprendizado prático do currículo.

### 3 METODOLOGIA

Este trabalho, como mencionado, teve como objetivo a criação de um aplicativo computadorizado para implementar um laboratório virtual de anatomia humana, para complementar as aulas à distância, de cursos profissionalizantes, como os cursos de ensino universitário. Também pode ser utilizado por profissionais ligados à área da saúde, para o exercício de atividades de formação continuada.

Delimitou-se a pesquisa segundo uma análise de Jesus-Lopes et al. (2022), onde identificou-se como áreas de conhecimento as ciências da saúde, com área de concentração em tecnologias computacionais para área de saúde. A pesquisa tem uma abordagem epistemológica interdisciplinar com relação a aplicabilidade em diversas disciplinas na saúde.

Quanto à natureza da pesquisa aplicou-se métodos qualitativos. Já em relação a finalidade, tem-se o caráter de pesquisa aplicada, onde busca-se uma solução prática para problemas concretos. Já quanto aos objetivos de pesquisa, têm-se um caráter exploratório que tem como função solucionar as lacunas que costumam aparecer em um estudo prático.

A procedência dos dados secundários é das seguintes fontes, leitura de bibliografias adotadas na disciplina de anatomia humana, e consulta de artigos científicos nas bases de dados do portal de periódicos da Capes. Quanto aos procedimentos de levantamento de coleta de dados primários tem-se os levantamentos bibliográficos e documentais in loco, onde se analisou as normas de conduta em laboratório de anatomia humana, livros que são utilizados na disciplina de anatomia, e também, realizou-se uma revisão sistemática de artigos cientí-

ficos. Como instrumentos de coleta de dados utilizou-se a observação não participante, onde o pesquisador matriculou-se na disciplina de anatomia humana e participou de suas atividades e avaliações e a coleta de dados.

O desenvolvimento do laboratório virtual de simulação foi realizado seguindo etapas, conforme segue detalhado.

Etapa 1) definir características necessárias para a aplicação de um laboratório virtual de anatomia humana nos cursos da área de saúde: a partir de uma análise in loco, foi realizado o levantamento das características de um laboratório de anatomia humana, verificados os equipamentos necessários e os de proteção individual que devam ser considerados obrigatórios para práticas laboratoriais dos discentes em uma universidade;

Etapa 2) definir o aplicativo a ser utilizado no desenvolvimento do laboratório virtual: para o desenvolvimento do trabalho foram utilizados a plataforma Kodular e a linguagem de programação JavaScript na implementação dos Scripts. A implementação do trabalho foi feita em um computador Dell com processador Intel® Core™ i3 (3,1GHz, 4MB cache) e 4 GB de RAM e sistema operacional Windows 10 Home 64 bits.

Etapa 3) definir a linguagem de programação utilizada: a linguagem de programação JavaScript foi utilizada no desenvolvimento do site;

Etapa 4) definir o conteúdo para um laboratório virtual de anatomia humana do sistema locomotor (ossos): a partir da análise inicial de um laboratório de anatomia humana, e também, da bibliografia da disciplina, onde foi realizado o delineamento das peças anatômicas necessárias para uma prática de anatomia do sistema locomotor. Ou seja, os ossos, que desempenhem papel crucial na locomoção humana, a nomenclatura que deve ser de conhecimento do discente na prática funcional, e também, a definição da dinâmica de identificação das peças por parte dos alunos no laboratório, visando refletir as práticas reais em ambiente virtual;

Etapa 5) desenvolver o aplicativo: desenvolvido com o uso da plataforma Kodular que

foi integrada ao site com as peças anatômicas e às imagens 3D foram retiradas de um banco de dados chamado BodyParts3D que possui Creative Commons;

Etapa 6) realizar testes no aplicativo: ao finalizar o desenvolvimento do laboratório foram realizados testes de execução para analisar se o aplicativo está processando todas as funcionalidades necessárias para a prática do laboratório de anatomia humana do sistema locomotor. Os testes com o laboratório virtual foram realizados em diferentes dispositivos móveis (Smartphones), que possuem o sistema operacional Android, com a avaliação do aplicativo através de um questionário.

Seguindo todas essas etapas, portanto, foi possível desenvolver um laboratório virtual de anatomia humana do sistema locomotor humano que poderá ser utilizado para auxiliar o ensino de anatomia nos cursos da área de saúde e que também poderá auxiliar o discente no processo de ensino remoto. Sendo esse aplicativo útil para a memorização das nomenclaturas de peças anatômicas e suas respectivas funções. Essa pesquisa poderá ser utilizada na implementação de outros laboratórios virtuais em instituições de ensino superior.

## 4 RESULTADOS

Os resultados são apresentados em subseções, de cada etapa descrita na metodologia.

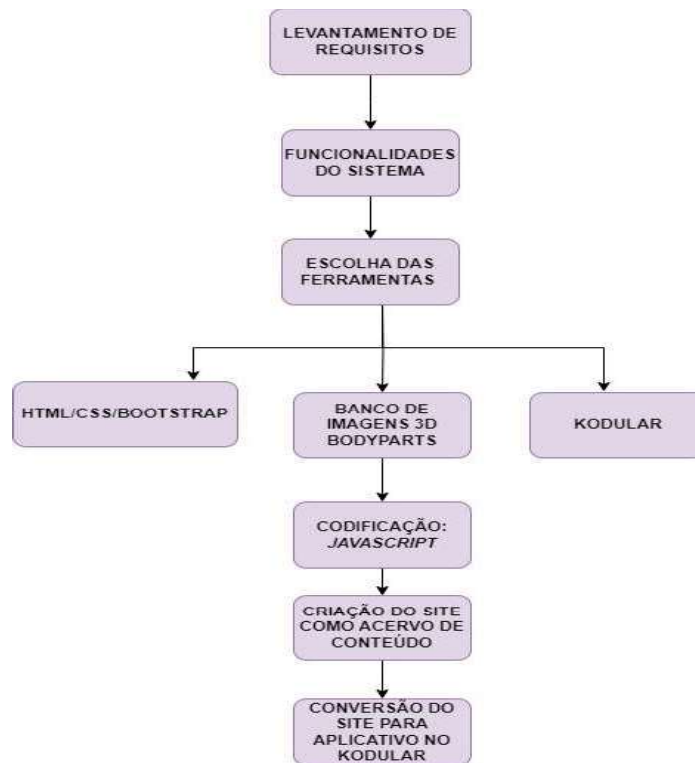
### 4.1 DESCRIÇÃO DAS IMPLEMENTAÇÕES DO LABORATÓRIO VIRTUAL

Nesta seção descreve-se o que foi implementado para o laboratório virtual e as funcionalidades necessárias para a aprendizagem do sistema locomotor humano.

Primeiro, foi feito o levantamento do conteúdo a ser implementado, sendo esse a referência para a seleção das peças do sistema locomotor. Depois, foi iniciado o desenvolvimento do back-end do laboratório virtual, na linguagem JavaScript, com a implementação das peças anatômicas do sistema locomotor e suas respectivas nomenclaturas, em um site desenvolvido chamado Locomotomic, e que

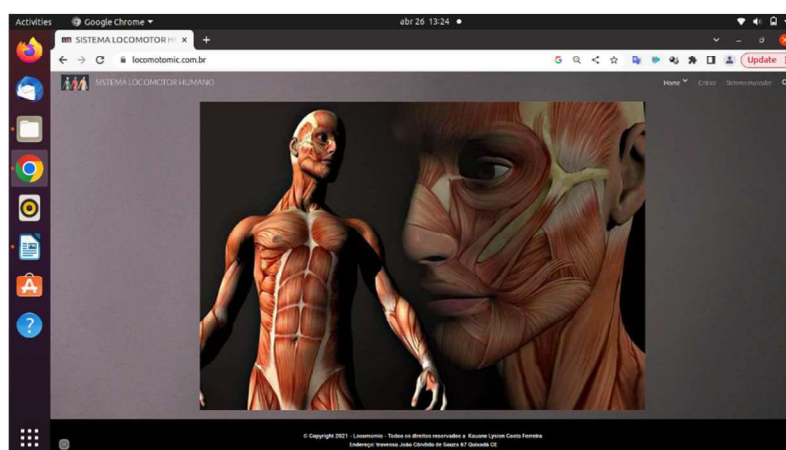
foram implementadas em partes separadas: cabeça, tronco, membros inferiores e membros superiores. Na Figura 1 é apresentada a representação dos processos descritos onde são apresentadas o passo-a-passo de pesquisa e desenvolvimento do aplicativo. Na Figura 2 é apresentado a tela inicial que é visualizada no site Locomotomic.

Figura 1- Fluxograma do processo de desenvolvimento do aplicativo



Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

Figura 2- Tela inicial do site Locomotomic



Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

## 4.2 MODELAGEM DO APLICATIVO

Para a modelagem do laboratório virtual foi utilizado a plataforma Kodular. Para tal,

alguns requisitos foram definidos como: se o laboratório seria visualizado em primeira pessoa ou terceira pessoa. Neste caso, optou-se pela perspectiva em terceira pessoa, em que o



usuário visualiza as informações por uma perspectiva exterior.

O próximo requisito consistiu em determinar o uso ou não de um personagem (avatar). Neste caso, optou-se por não usar um personagem, por ter que criar animações para cada iteração com o laboratório e com as peças anatômicas. Ou seja, caso fosse utilizado, para se ter um maior realismo, seria necessário modelar o personagem e adicionar os bones (ossos) para que o personagem pudesse movi-

mentar com realismo. Após essas definições o aplicativo foi projetado.

O aplicativo quando é iniciado apresenta uma tela padrão (tela inicial), que pode ser vista na Figura 3. Para seguir para a próxima tela, o usuário deverá aguardar até a finalização da visualização dessa tela inicial, que nesse caso, tem uma barra de rolagem que passa por todo o corpo do indivíduo, de forma automática. Logo após, é automaticamente mostrada uma nova tela para entrar no laboratório virtual e escolher os EPIs.

Figura 3-Tela inicial do aplicativo



Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

Os modelos anatômicos só serão apresentados ao usuário quando for selecionada a

opção “entrar no laboratório” e escolhidos os EPIs corretos conforme mostra-se na Figura 4.

Figura 4- Tela EPs do aplicativo em um aparelho celular



Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

Posteriormente, o discente visualizará um menu para escolher a peça anatômica a ser estudada.

#### 4.3 CONTEÚDO DO LABORATÓRIO VIRTUAL

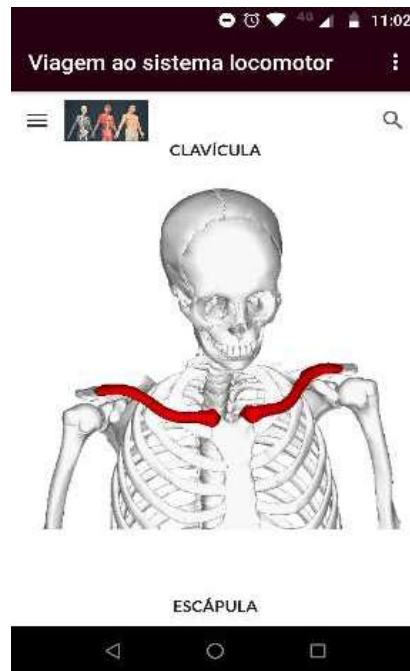
Nesta seção descreve-se o conteúdo a ser disponibilizado no aplicativo do laboratório virtual do sistema locomotor humano, destacando-se também suas funcionalidades. Esse conteúdo foi selecionado com base no livro de referência da disciplina de anatomia humana da

área da saúde: Atlas de anatomia humana (SOBOLTA, 2000). Mas, as imagens foram retiradas da base de dados online BodyParts3D que possui Creative Commons que permitem a cópia e compartilhamento com menos restrições.

Ao acessar o menu disponível na tela o discente pode selecionar o osso que tem interesse em estudar e a sua nomenclatura. Com a escolha é apresentada a imagem e o respectivo nome da peça anatômica. Na Figura 5 é apresentado como é visualizado o osso após a seleção pelo aluno.



Figura 5- Tela de visualização da peça anatômica

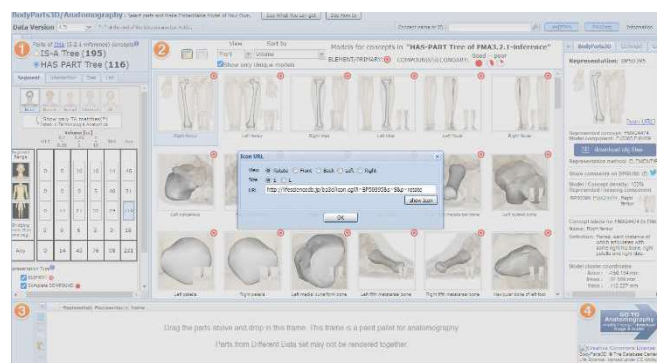


Fonte: BodyParts3D (2022).

Dessa forma, poderá acessar várias partes do corpo humano. Para sair do sistema o usuário deve selecionar no menu a opção sair. As imagens 3D foram inseridas no Website Lo-

comotomic, desenvolvido para este trabalho, através da URL que o banco de dados BodyParts 3D oferece, conforme pode ser verificado na Figura 6.

Figura 6- URL BodyParts 3D



Fonte: BodyParts 3D (2022).

#### 4.5 PASSO A PASSO DO DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO DE ANATOMIA HUMANA

O sistema locomotor humano é composto por ossos, músculos, articulações e outros tecidos que trabalham juntos para permitir ao corpo se mover. Nesta seção é mostrado o passo a passo do desenvolvimento do aplicativo do sistema locomotor humano, utilizando a

linguagem de programação JavaScript; a plataforma de desenvolvimento de aplicativos Kodular e as imagens do BodyParts3D. O desenvolvimento do aplicativo seguiu os seguintes passos:

- a) Criação da conta Kodular: que é uma plataforma gratuita que permite a criação de aplicativos sem a necessidade de codificação;
- b) Importação das imagens do BodyP-

arts3D: importou-se as imagens 3D, depois de trabalhadas, referente ao sistema locomotor humano. Essas imagens são as visualizadas no aplicativo;

c) Criação da interface do usuário: utilizou-se componentes da plataforma Kodular para criar botões, caixas de seleção e outros elementos da interface do aplicativo;

d) Adição de funcionalidades: a linguagem JavaScript foi usada para adicionar interações, como a rotação da imagem 3D, ao clicar em um determinado botão;

e) Teste e implantação: testou-se aplicativo para garantir que estava funcionando corretamente, com a sua instalação em um smartphone, com o sistema operacional Android.

Em relação ao processo de inserção das informações no desenvolvimento do aplicativo no Kodular adicionou-se o site ao projeto na plataforma, após o site com as imagens ficar pronto. Isso foi feito inserindo o site como uma extensão no Kodular.

O processo de inserção de informações do site no Kodular usando extensões foi conforme as etapas:

a) Publicou-se o site utilizando um serviço de hospedagem de sites;

b) Adicionou-se uma extensão WebView-er para exibir o site no Kodular. Esta extensão permite exibir o conteúdo da web no aplicativo;

c) Adicionou-se o bloco de código no Kodular para especificar a URL do site;

d) Personalizou-se o visual do aplicativo, incluindo o tamanho e a posição da WebViewer.

O componente WebView no Kodular é utilizado para exibir páginas da web, funcionando

como “navegador dentro do aplicativo”. Para anexar uma URL em um componente WebView as seguintes etapas foram realizadas:

a) Adicionou-se um componente WebView na tela do aplicativo, arrastando e soltando o componente WebView da biblioteca de componentes para a tela do projeto no Kodular;

b) Configurou-se as propriedades do componente no painel WebView, como tamanho, posição, entre outros;

c) Adicionou-se uma variável no Kodular para armazenar a URL que se deseja anexar ao componente WebView;

d) Atribuiu-se a URL armazenada na variável ao componente WebView, no seu guia de propriedades usando a opção “URL”;

e) Executou-se o aplicativo e o WebView exibiu a página da web correspondente à URL atribuída.

Com o avanço da tecnologia, a criação de aplicativos que permitam aos usuários visualizar e compreender melhor o sistema locomotor se tornou uma demanda. Com o uso da plataforma Kodular e as imagens do BodyParts3D, foi possível criar um aplicativo do sistema locomotor humano e esse método poderá ser usado para desenvolver outros.

#### 4.6 INSERINDO A IMAGEM 3D NO SITE

Para adicionar uma imagem 3D do banco de dados BodyParts3D no site, inicialmente carrega-se o modelo 3D usando uma biblioteca JavaScript chamada A-Frame. Na Figura 7 é apresentado o código desenvolvido para inserir a imagem no site usando o A-Frame.

Figura 7- Código para inserir imagem 3D do banco de dados BodyParts3D no site Lobotomic

```

<html>
  <head>
    <title>Sistema Locomotor Humano</title>
    <script src="https://aframe.io/releases/1.0.4/aframe.min.js"></script>
  </head>
  <body>
    <a-scene>
      <a-entity gltf-model="#human-skeleton" position="0 0 0"></a-entity>
      <a-sky color="#ECECEC"></a-sky>
    </a-scene>
    <script>
      AFRAME.registerComponent('model-opacity', {
        schema: {default: 1.0},
        init: function () {
          this.el.addEventListener('mouseenter', function () {
            this.setAttribute('material', 'opacity', 0.5);
          });
          this.el.addEventListener('mouseleave', function () {
            this.setAttribute('material', 'opacity', 1.0);
          });
        }
      });
    </script>
  </body>
</html>

```

Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

Neste código, carrega-se o modelo 3D de um osso do esqueleto humano no formato glTF e o adiciona à cena usando o componente <a-entity>. Além disso, é adicionada uma imagem de fundo (sky) para dar contexto à imagem 3D.

A cena 3D é criada usando o componente <a-scene>. Dentro da cena, adiciona-se o objeto 3D, nesse caso o osso do esqueleto humano, usando o componente <a-entity>. O atributo gltf-model indica que está sendo carregado um modelo 3D no formato glTF. O atributo position é usado para posicionar o modelo 3D na cena. Adiciona-se também uma imagem de fundo (sky) à cena usando o componente <a-sky>. O atributo color define a cor da imagem de fundo.

Uma interação ao modelo 3D também foi projetada. Registrando um componente chamado model-opacity que permite que o usuário altere a opacidade do modelo 3D, ao passar o mouse sobre ele. O componente

model-opacity define uma estrutura de dados (schema) com o valor padrão da opacidade sendo 1.0. O método init é chamado quando o componente é iniciado e adiciona os eventos de mouse mouseenter e mouseleave ao objeto. Quando o mouse entra no objeto, a opacidade é alterada para 0.5, e quando o mouse sai do objeto, a opacidade é alterada de volta para 1.0.

#### 4.7 VALIDAÇÃO DO APLICATIVO PELO USUÁRIO

A pesquisa de usabilidade contou com a participação de trinta estudantes da disciplina de anatomia humana. Foi aplicado um questionário implementado por Naves (2013), que também desenvolveu e avaliou um aplicativo de anatomia veterinária. Optou-se por utilizar um questionário já desenvolvido porque na condução de uma pesquisa, a construção de um questionário é uma etapa longa que deve

ser executada com muita cautela e validada através de vários testes.

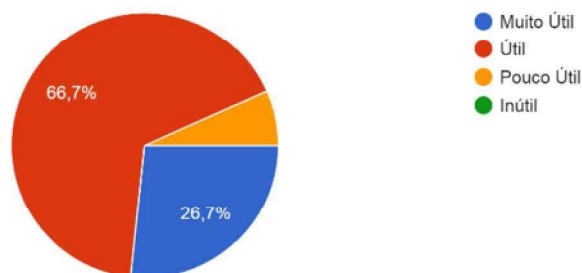
Na avaliação com os estudantes de anatomia um link com o questionário e o aplicativo foram compartilhados em um grupo de WhatsApp. Solicitou-se, então, a colaboração dos discentes da disciplina para preenchê-lo. Os gráficos em forma de pizza

apresentam o resultado das respostas de cada questão.

No Gráfico 1 é apresentado o valor percentual de satisfação em relação à finalidade a que se propõe o aplicativo de anatomia.

Gráfico 1- Resposta 1 do questionário, referente à finalidade do aplicativo do laboratório Virtual de Anatomia Locomotora

1- Em relação à finalidade a que se propõe o aplicativo de anatomia:  
30 respostas



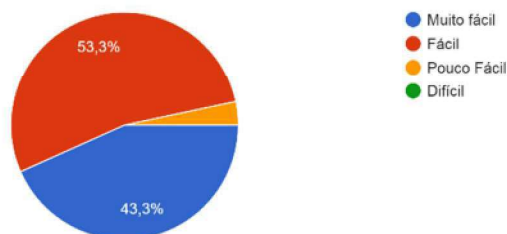
Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

Com base nos dados, pode-se afirmar que a maioria dos usuários do aplicativo de anatomia acham que ele é útil (20 respostas - 66,70%) e alguns até o consideram muito útil (8 respostas - 28,70%). No entanto, um pequeno número de usuários (2 respostas - 4,60%) achou o aplicativo

pouco útil. Essas informações sugerem que a maioria dos usuários do aplicativo estão satisfeitos com sua funcionalidade e acreditam que ele atende às suas necessidades em relação à sua finalidade. No Gráfico 2 é apresentada o valor percentual de facilidade de uso do aplicativo.

Gráfico 2- Resposta 2 do questionário, referente ao uso do aplicativo do laboratório Virtual de Anatomia Locomotora

2- Em relação ao uso do aplicativo  
30 respostas



Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

Com base nos dados, é possível afirmar que a maioria dos usuários do aplicativo de anatomia acham que ele é fácil de ser usado (16 respostas - 53,30%) ou muito fácil de usar (13 respostas - 43,30%), o que indica que a interface do aplicativo é intuitiva e amigável. No entanto, um peque-

no número de usuários (1 resposta - 3,40%) achou o aplicativo um pouco difícil de usar.

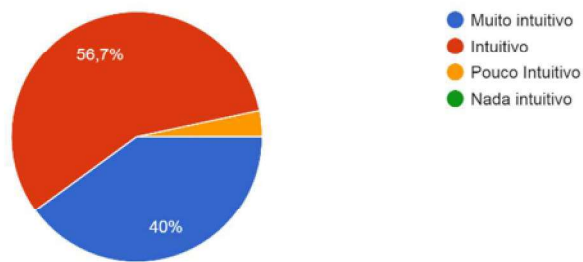
Essas informações sugerem que a maioria dos usuários do aplicativo não tiveram problemas em encontrar e usar as funcionalidades do aplicativo de forma amigável.

No entanto, é importante destacar que a opinião dos usuários é subjetiva e pode variar de acordo com suas experiências pessoais com o aplicativo, habilidades tecnológicas e

familiaridade com dispositivos móveis. No Gráfico 3 é apresentado o valor percentual de satisfação em relação à interface do aplicativo de anatomia.

Gráfico 3- Resposta 3 do questionário, referente à interface do aplicativo do laboratório Virtual de Anatomia Locomotora

3- A interface do aplicativo de anatomia  
30 respostas



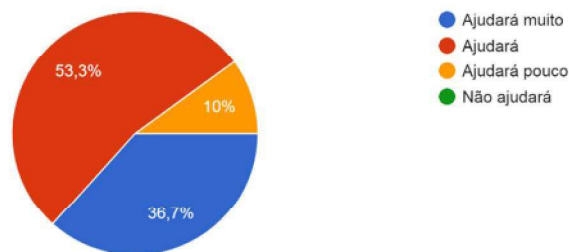
Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

De acordo com os dados, a maioria dos usuários do aplicativo de anatomia acham que a interface é intuitiva (17 respostas – 58,70 %) e alguns até acham que é muito intuitiva (12 respostas – 40,00 %). No entanto, um usuário (1 resposta – 1,3 %) achou a interface pouco intuitiva.

Portanto, essas informações sugerem que a maioria dos usuários considera a interface do aplicativo fácil de entender e navegar, o que é consistente com as respostas sobre a facilidade de uso do aplicativo. No Gráfico 4 é apresentado o valor percentual com relação ao auxílio para o estudo da disciplina no aplicativo de anatomia.

Gráfico 4- Resposta 4 do questionário, referente ao auxílio que o aplicativo do laboratório Virtual de Anatomia Locomotora

4- No que concerne aos estudos da disciplina  
30 respostas



Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

Conforme o Quadro 4, é possível afirmar que a maioria dos usuários acredita que o aplicativo de anatomia auxiliará em seus estudos da disciplina (16 respostas – 53,30%), e alguns acreditam que auxiliará muito (11 respostas – 38,70%). No entanto,

um pequeno número de usuários (3 respostas – 10,00 %) achou que o aplicativo auxiliará pouco.

Essas informações sugerem que a maioria dos usuários acredita que o aplicativo pode ser útil para seus estudos de anatomia e pode aju-

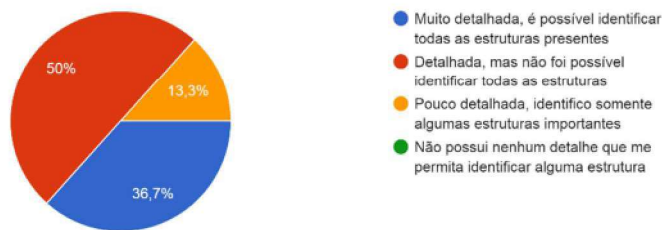
dar na compreensão dos conceitos e estruturas do corpo humano.

É importante destacar que a opinião dos usuários é subjetiva e pode variar de acordo com suas necessidades e objetivos de aprendizado. Alguns usuários podem achar o apli-

cativo mais útil do que outros, dependendo de seu nível de conhecimento prévio e estilo de aprendizado. No Gráfico 5 é apresentado o valor percentual de impressão que o usuário tem das peças anatômicas do aplicativo, com relação aos detalhes da imagem.

Gráfico 5- Resposta 5 do questionário, referente aos detalhes das peças anatômicas apresentadas pelo aplicativo do laboratório Virtual de Anatomia Locomotora

5- Em relação às peças anatômicas do aplicativo  
30 respostas



Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

Com relação ao Quadro 5, a maioria dos usuários do aplicativo de anatomia acha que as peças anatômicas do aplicativo são detalhadas, mas não foi possível identificar todas as estruturas (15 respostas – 50,00 %). Alguns usuários acham que as peças anatômicas são muito detalhadas e é possível identificar todas as estruturas presentes (11 respostas – 36,70 %), enquanto outros acham que são pouco detalhadas e só é possível identificar algumas estruturas importantes (4 respostas – 13,30 %).

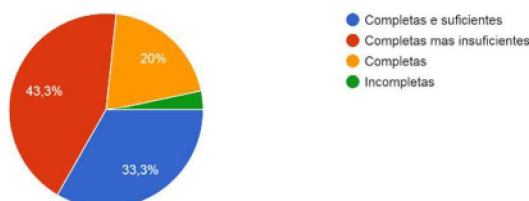
Essas informações sugerem que a percepção dos usuários em relação às peças anatômicas do aplicativo é diversa, com alguns usuários encont-

rando todas as estruturas e outros achando difícil identificar todas as estruturas presentes.

É importante lembrar que a anatomia humana é uma área complexa e requer um estudo aprofundado para compreender todas as estruturas e relações anatômicas. Portanto, pode ser difícil para um aplicativo apresentar todas as estruturas de forma detalhada e clara para todos os usuários. No Gráfico 6 é apresentado o valor percentual da percepção do usuário em relação à nomenclatura referente às peças anatômicas, se eram completas e suficientes, completas mas insuficientes, completas ou incompletas.

Gráfico 6- Resposta 6 do questionário referente à nomenclatura das peças anatômicas apresentadas no aplicativo do laboratório Virtual de Anatomia Locomotora

6- Em relação à nomenclatura referente a cada peça anatômica:  
30 respostas



Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

Com base nos dados do Quadro 6, percebe-se que a maioria dos usuários do aplicativo de anatomia acha que a nomenclatura referente às peças anatômicas é completa, mas insuficiente (13 respostas – 43,30 %). Alguns usuários acham que a nomenclatura é completa e suficiente (10 respostas – 33,30 %), enquanto outros acham que é completa (6 respostas – 20,00 %). Apenas um usuário achou a nomenclatura incompleta (3,40 %). Esses dados sugerem que, embora a maioria dos usuários acredite que a nomenclatura é completa, há alguns usuários que acham que ela não é suficiente

para uma compreensão completa das estruturas anatômicas.

Isso pode ser devido à complexidade da terminologia anatômica, o que pode ser difícil de entender para aqueles sem experiência anterior em anatomia. No entanto, é relevante destacar que a opinião dos usuários é subjetiva e pode variar de acordo com suas experiências pessoais e conhecimentos em anatomia. Também deve ser um norte para melhorar a apresentação do conteúdo no aplicativo. No Gráfico 7 é apresentado o valor percentual da percepção em relação à segmentação proposta no menu no aplicativo de anatomia.

Gráfico 7- Resposta 7 do questionário referente à segmentação que o aplicativo do laboratório Virtual de Anatomia Locomotora, ou seja, se estão de acordo com o que foi visto em sala de aula

7- Em relação à segmentação proposta no menu:  
30 respostas



Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

Conforme os dados apresentados no Quadro 8, a maioria dos usuários do aplicativo de anatomia percebe que a segmentação proposta no menu está de acordo com o visto em sala de aula e servirá para auxiliar seus estudos (15 respostas – 50,00 %). Alguns usuários acham que a segmentação está de acordo com o visto em sala de aula e servirá muito para auxiliar seus estudos (12 respostas – 40,00 %), enquanto outros acham que servirá pouco para auxiliar seus estudos (3 respostas – 10,00 %). Essas informações sugerem que a segmentação proposta no menu é considerada adequada

pelos usuários em relação ao conteúdo visto em sala de aula e pode ser útil para reforçar seus estudos.

É importante destacar que a segmentação adequada e clara do conteúdo pode ser um fator crítico para a efetividade de um aplicativo de anatomia. A organização e a estrutura do conteúdo podem ajudar os usuários a navegar mais facilmente e encontrar as informações relevantes para seus estudos. No Gráfico 8 é apresentado o valor percentual da percepção em relação aos trabalhos futuros, ou seja, a continuação do desenvolvimento do aplicativo.



Gráfico 8- Resposta 8 do questionário, referente ao desenvolvimento futuro do aplicativo do laboratório Virtual de Anatomia Locomotora

8- Em relação a trabalhos futuros  
30 respostas



Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

Com base nos dados levantados no Gráfico 8, a maioria dos usuários do aplicativo de anatomia acredita que seria muito interessante continuar o trabalho com a adição de outras estruturas anatômicas (17 respostas – 56,70 %). Alguns usuários definem que seria interessante continuar o trabalho com a adição de outras estruturas anatômicas (12 respostas – 40,00 %), enquanto apenas um usuário (3,00 %) não acha que seria interessante continuar o trabalho. Essas informações sugerem que a maioria dos usuários está interessada em ver o aplicativo de anatomia ser expandido com a adição de mais estruturas anatômicas.

Com a adição de mais conteúdo poderá tornar o aplicativo mais útil para estudantes de anatomia e profissionais de saúde, permitindo que eles estudem e revisem mais estruturas e conceitos anatômicos. No entanto, é importante destacar que o desenvolvimento de novos conteúdos requer tempo e recursos.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Primeiramente, o laboratório virtual é pensado como um complemento ao ensino na Faculdade de Saúde da Universidade Federal do Ceará (UFC). Todavia, a visão é de que ele, em breve, seja acessível a qualquer pessoa com acesso à internet, além dos limites da UFC, potencializando seu alcance educacional.

Implementamos um laboratório de RV para ensino de anatomia humana do sistema locomotor como uma ferramenta viável para o

ensino prático em centros universitários e profissionalizantes na área de saúde. Esse recurso foi concebido com o objetivo de aprimorar o processo de ensino-aprendizagem, demonstrando seu valor essencial na educação.

Ressalta-se a relevância das tecnologias digitais, em especial os ambientes virtuais interativos, que, desenvolvidos com o uso de RV, beneficiam significativamente os estudantes da área de saúde. Identificamos que os conceitos centrais das estruturas anatômicas em ambientes de RV, proporcionando aos alunos uma interação com os tópicos abordados nas aulas práticas, formam uma ferramenta educacional de enorme importância e auxílio.

No entanto, laboratórios físicos também têm suas desvantagens, como custos iniciais e de manutenção, consumo de energia e restrições de espaço. Laboratórios virtuais, por outro lado, apresentam vantagens como variedade metodológica, flexibilidade, facilidade de acesso aos aplicativos de informática, apresentação atrativa dos conteúdos, possibilidade de novos ambientes e situações-problema, além da otimização de recursos e custos. Destacam-se, portanto, as vantagens que o laboratório virtual oferece para o estudo de anatomia humana: melhoria na aprendizagem, especialmente para aqueles que aprendem visualmente; facilidade de visualização com gráficos 3D e rotações tridimensionais; disponibilidade de uso a qualquer hora e em qualquer lugar, pois o aplicativo pode ser carregado em um celular ou notebook, permitindo estudo pré-

aula ou em qualquer ambiente confortável; e uma abordagem inovadora para aprendizado que tira proveito das novas tecnologias.

## REFERÊNCIAS

BACAREA, V.; MARUŞTERI, M.; BRINZANIUC, K. Next generation 3D Virtual Human Anatomy Laboratory, using off-the-shelf hardware and software. *Applied Medical Informatics*. University of Medicine, Pharmacy, **Science and Technology Târgu Mureş**, v. 41, Suppl. 1, 2019.

BODYPARTS3D. **Peças anatômicas**. [S.l], 2022. disponível em: <http://lifesciencedb.jp/bp3d/?lng=en>. Acesso em: 18 de ago. 2022.

CALVO, I.; ZULUETA, E.; GANGOITI, U.; LÓPEZ, J.; CARTWRIGHT, H. ; VALENTINE, K. Laboratorios remotos y virtuales en enseñanzas técnicas y científicas. *Ikastorratza*. **e-Revista de didáctica**, v. 3, p. 1-21, 2008.

CÁRDENAS, Sandra M.; SÁNCHEZ, Giovanni; LUENGAS, Lely A. New pedagogical tools: virtual laboratory. **Visión Electrónica**. [S.l], 2015.

FAIRÉN, M.; FARRÉS, M. ; MOYÉS, J. ; INSA, E. Virtual Reality to teach anatomy. **Eurographics**. [S.l], 2017. DOI: 10.2312/eged.20171026

FALAH, J., KHAN, S., ALFALAH, T., ALFALAH, S. F., CHAN, W., HARRISON, D. K., CHARISSIS, V. Virtual Reality medical training system for anatomy education. In: **Science and Information Conference (SAI)**, [S.l], 2014, p. 752–758.

GONZÁLEZ, Víctor. **Teoría y práctica de los medios de enseñanza**. La Habana: pueblo y educación, 1990.

GUERRERO, Christian David Quintero; BALLÉN, Eduard Leonardo Sierra; SARMIENTO, Wilson J. Diseño de un prototipo de sistema de realidad virtual inmersivo simplificado. **Ciencia e Ingeniería Neogranadina**, Bogotá, v. 18, n.1, p. 35-50, 2008.

JESUS-LOPES, José Carlos de; MACIEL, Wilson Ravelli Elizeu; CASAGRANDA, Yasmim Gomes. Check-list dos elementos constituintes dos delineamentos das pesquisas científicas. **Desafio Online**. [S.l], v. 10, n.1, 2022.

KHARKI, Khadija El; BERRADA, Khalid; BURGOS, Daniel. Design and Implementation of a Virtual Laboratory for Physics Subjects in Moroccan Universities. **Sustainability**. v. 13, n. 37, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13073711>.

KODULAR. **Understanding Kodular**. Disponível em: <https://docs.kodular.io/guides/>. Acesso em: 10 maio 2022.

NAVES, Raphael. **Laboratório virtual de anatomia para medicina veterinária**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2013.

PELARGOS, P. E. et al. Utilizing virtual and augmented reality for educational and clinical enhancements in neurosurgery. **Journal of Clinical Neuroscience**. v. 35, p. 1–4, 2017.

TESTUT, L.; LATARGET, A. **Trattato di anatomia umana**. Toscana: Edra, 2017.

Recebido em 21 de junho de 2023  
Aceito em 21 de novembro de 2023