



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE
CIÊNCIAS DA VIDA E DA
NATUREZA(ILACVN)**

CURSO DE MEDICINA

**FERRAMENTA VIRTUAL DE VISUALIZAÇÃO TRIDIMENSIONAL COMO
MÉTODO COMPLEMENTAR PARA O ENSINO DE ANATOMIA HUMANA**

GLEISSON OLIVEIRA DE CARVALHO

Foz do Iguaçu
2026

**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS
DA VIDA E DA NATUREZA(ILACVN)**

CURSO DE MEDICINA

**FERRAMENTA VIRTUAL DE VISUALIZAÇÃO TRIDIMENSIONAL COMO MÉTODO
COMPLEMENTAR PARA O ENSINO DE ANATOMIA HUMANA**

GLEISSON OLIVEIRA DE CARVALHO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de médico.

Orientador: Prof. Dr. Jean Franciesco Vettorazi

Co-orientador: Prof. Dr. Rodrigo Juliano Grignet

Foz do Iguaçu
2026

GLEISSON OLIVEIRA DE CARVALHO

**FERRAMENTA VIRTUAL DE VISUALIZAÇÃO TRIDIMENSIONAL COMO MÉTODO
COMPLEMENTAR PARA O ENSINO DE ANATOMIA HUMANA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de médico.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Jean Franciesco Vettorazi
UNILA

Profa. Dra. Maria Leandra Tenencio
UNILA

Prof. Dr. Fernando Cezar dos Santos
UNILA

Foz do Iguaçu, 30 de Junho de 2026

TERMO DE SUBMISSÃO DE TRABALHOS ACADÊMICOS

Nome completo do autor(a): Gleisson Oliveira de carvalho

Curso: Medicina

Tipo de Documento

- | | |
|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> graduação | <input type="checkbox"/> doutorado |
| <input type="checkbox"/> artigo | <input type="checkbox"/> dissertação |
| <input type="checkbox"/> especialização | <input type="checkbox"/> tese |
| <input checked="" type="checkbox"/> trabalho de conclusão de curso | <input type="checkbox"/> CD/DVD – obras audiovisuais |
| <input type="checkbox"/> mestrado | <input type="checkbox"/> _____ |
| <input type="checkbox"/> monografia | |

Título do trabalho acadêmico: FERRAMENTA VIRTUAL DE VISUALIZAÇÃO TRIDIMENSIONAL COMO MÉTODO COMPLEMENTAR PARA O ENSINO DE ANATOMIA HUMANA

Nome do orientador(a): Prof. Dr. Jean Franciesco Vettorazi

Data da Defesa: 30/06/2026

Licença não-exclusiva de Distribuição

O referido autor(a):

a) Declara que o documento entregue é seu trabalho original, e que o detém o direito de conceder os direitos contidos nesta licença. Declara também que a entrega do documento não infringe, tanto quanto lhe é possível saber, os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade.

b) Se o documento entregue contém material do qual não detém os direitos de autor, declara que obteve autorização do detentor dos direitos de autor para conceder à UNILA – Universidade Federal da Integração Latino-Americana os direitos requeridos por esta licença, e que esse material cujos direitos são de terceiros está claramente identificado e reconhecido no texto ou conteúdo do documento entregue.

Se o documento entregue é baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não a Universidade Federal da Integração Latino-Americana, declara que cumpriu quaisquer obrigações exigidas pelo respectivo contrato ou acordo.

Na qualidade de titular dos direitos do conteúdo supracitado, o autor autoriza a Biblioteca Latino- Americana – BIUNILA a disponibilizar a obra, gratuitamente e de acordo com a licença pública *Creative Commons* **Licença 3.0 Unported**.

Foz do Iguaçu, 30 de Junho de 2026

Assinatura do Responsável

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me concedeu a graça de chegar até este momento e tornar realidade o sonho que carregue desde a infância: ser médico. Sem Sua presença, direção e cuidado, nada disso seria possível.

À minha mãe, que dedicou sua vida à criação dos filhos com coragem, amor, renúncia e cuidado. Obrigado por ser meu porto seguro, meu exemplo de força e meu apoio incondicional em todos os momentos da minha caminhada.

Ao meu pai, que, embora não esteja mais fisicamente entre nós, permanece vivo em minhas lembranças, em meus valores e em tudo aquilo que me ensinou. Seu caráter, seu amor e seu exemplo continuam guiando meus passos todos os dias.

Às minhas irmãs, que são parte do meu coração batendo fora do peito. Mesmo separados por quilômetros de distância, permanecemos unidos pelas orações, pelos pensamentos, pelo carinho e pelo amor incondicional que sempre nos fortalece.

Aos meus avós e tios, que me acolheram como um filho e me ensinaram, através do exemplo, o verdadeiro significado do cuidado, da generosidade, do amor incondicional e do caráter.

A todos os meus professores, desde os primeiros anos de estudo até a graduação, que compartilharam conhecimento, inspiraram sonhos e acreditaram em mim, muitas vezes quando eu mesmo duvidava da minha capacidade.

Aos meus amigos, tanto aqueles que caminham ao meu lado há muitos anos quanto os que a graduação me presenteou. Cada um, à sua maneira e em seu tempo, foi apoio nos momentos difíceis, alegria nos dias leves, companhia nas incertezas e parte fundamental da pessoa e do profissional que tenho me tornado.

Dedico este trabalho ao Gleisson que não desistiu nos dias difíceis e escolheu persistir pelo sonho de cuidar; à memória eterna do meu pai, da minha tia e da minha avó, cuja força e amor continuam guiando os meus passos; e a todos que, vivos e presentes, foram meu porto seguro, apoio e incentivo ao longo de toda esta caminhada.

"O correr da vida embrulha tudo. A vida é assim: esquenta e esfria, aperta e daí afrouxa, sossega e depois desinquieta. O que ela quer da gente é coragem."

*João Guimarães Rosa (Grande Sertão:
Veredas)*

RESUMO

O ensino de anatomia humana tem passado por profundas transformações nas últimas décadas, marcadas pela redução do tempo em sala de aula e pelo aumento da demanda por estudo autogerido. Nesse novo cenário, tecnologias digitais tornaram-se aliadas fundamentais, especialmente os modelos tridimensionais, que vêm ganhando espaço nas escolas médicas como ferramentas que enriquecem o processo de ensino-aprendizagem. Neste sentido, este artigo teve como objetivo demonstrar a aplicabilidade do software livre InVesalius na tridimensionalização de exames de imagem para fins didáticos no estudo da anatomia humana nos cursos de graduação. Para isso, foram utilizados os softwares InVesalius e DICOM Cleaner, este último responsável pela anonimização dos dados dos exames utilizados. Após treinamento e experimentação prática, o InVesalius demonstrou-se eficaz na segmentação e visualização detalhada de estruturas como ossos, cérebro, pulmões e demais órgãos, permitindo seu estudo em planos de corte e em modelos tridimensionais interativos. Os resultados evidenciam que o uso dessa tecnologia proporciona uma compreensão anatômica mais aprofundada, com maior realismo e acessibilidade. Conclui-se, portanto, que o ensino de anatomia mediado por softwares tridimensionais representa uma alternativa potente e viável para o cenário atual, proporcionando a redução do uso de peças cadavéricas e de estruturas de laboratórios, sendo o InVesalius uma ferramenta gratuita, versátil e altamente benéfica para o estudo anatômico.

Palavras-chave: Ensino, Medicina, Anatomia, Radiologia, Ferramenta, Tecnologia

RESUMEN

La enseñanza de la anatomía humana ha experimentado profundas transformaciones en las últimas décadas, caracterizadas por la reducción del tiempo en el aula y el aumento de la demanda de aprendizaje autodirigido. En este nuevo contexto, las tecnologías digitales se han convertido en aliadas fundamentales, especialmente los modelos tridimensionales, que han ganado espacio en las escuelas de medicina como herramientas que enriquecen el proceso de enseñanza-aprendizaje. Este estudio, desarrollado por estudiantes y docentes del curso de Medicina de la Universidad Federal de la Integración Latinoamericana (UNILA), tuvo como objetivo analizar la evolución de la enseñanza de la anatomía humana y demostrar la aplicabilidad del software libre InVesalius en la tridimensionalización de exámenes de imagen con fines didácticos. Para ello, se utilizaron los softwares InVesalius y DICOM Cleaner, este último responsable de la anonimización de los datos de los pacientes. Tras el entrenamiento y la aplicación práctica, InVesalius demostró ser eficaz en la segmentación y visualización detallada de estructuras como huesos, cerebro, pulmones y otros órganos, permitiendo su estudio mediante planos de corte y modelos tridimensionales interactivos. Los resultados evidencian que el uso de esta tecnología permite una comprensión anatómica más profunda, con mayor realismo y accesibilidad. Se concluye que la enseñanza de la anatomía mediada por software tridimensional representa una alternativa potente y viable en el contexto actual, siendo InVesalius una herramienta gratuita, versátil y altamente beneficiosa para el estudio anatómico.

Palabras clave: Enseñanza, Medicina, Anatomía, Radiología, Herramienta, Tecnología

ABSTRACT

Human anatomy education has undergone profound changes in recent decades, marked by a reduction in classroom time and an increased demand for self-directed learning. In this new scenario, digital technologies have become essential allies, especially three-dimensional models, which have gained ground in medical schools as tools that enhance the teaching-learning process. This study, developed by students and faculty members from the Medicine course at the Federal University for Latin American Integration (UNILA), aimed to analyze the evolution of anatomy teaching and to demonstrate the applicability of the open-source software InVesalius in the three-dimensional reconstruction of imaging exams for educational purposes. For this purpose, the InVesalius and DICOM Cleaner software were used - the latter responsible for anonymizing patient data. After training and practical application, InVesalius proved effective in the segmentation and detailed visualization of structures such as bones, brain, lungs, and other organs, allowing their study through cross-sectional planes and interactive 3D models. The results show that this technology enables a more in-depth anatomical understanding with greater realism and accessibility. It is concluded that anatomy teaching supported by three-dimensional software represents a powerful and feasible alternative in the current context, with InVesalius standing out as a free, versatile, and highly beneficial tool for anatomical studies.

Keywords: Education, Medicine, Anatomy, Radiology, Tool, Technology

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Interface e configurações do software Dicom Cleaner	20
Figura 2 – Interface principal do software InVesalius	21
Figura 3 – Visualização volumétrica da anatomia Óssea	25
Figura 4 – Anatomia muscular abdominal e Pélvica	25
Figura 5 – Anatomia da via respiratória baixa	26
Figura 6 – Anatomia do pulmão	26
Figura 7 – Anatomia do sistema nervoso	27

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Distribuição da quantidade de exames por região anatômica

22

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
3 METODOLOGIA	18
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	23
5 CONCLUSÃO	29
6 REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

A metodologia e a estrutura do ensino médico estão em constante mudança: se antes era prática comum realizar aulas práticas de anatomia com cadáveres e maquetes, atualmente a carga horária da anatomia tem sido reduzida, redistribuída e diluída em outras disciplinas – ou módulos. As horas dedicadas ao ensino de anatomia macroscópica têm sofrido um declínio acentuado na educação médica nos últimos 30 anos, em favor das habilidades clínicas (Elliot, 2022). Assim, é possível perceber que essa diminuição e redistribuição de carga horária ocorre pelo aumento do conteúdo a ser discutido e a inclusão de novas disciplinas na graduação médica, o que levam à necessidade de diminuir a carga horária de disciplinas como Anatomia e Fisiologia para acomodar as novidades, devido à pressão do mercado de trabalho e à impossibilidade de aumentar o tempo de formação (Estai; Bunt, 2016). Além disso, o método ativo acaba influenciando com essa redução, pois a dissecação cadavérica é frequentemente citada como excessivamente demorada e não se encaixando nos modelos de aprendizagem baseados em equipes (TBL), em casos (CBL) ou em problemas (PBL), que são preferidos. Em escolas que adotam esses formatos, as horas de interação professor-aluno são significativamente reduzidas em favor do estudo autodirigido, o que leva à substituição de atividades demoradas como a dissecação (Elliot, 2022). Assim, várias ferramentas foram criadas para melhorar o aprendizado de alunos que trespassem relativamente pouco tempo em sala de aula e a maior parte do tempo são autodidatas (Marchiori; Carneiro, 2018)

Diante desse cenário de mudanças na estrutura do ensino de anatomia humana, surge a necessidade de medidas que tentem amenizar as consequências dessa nova modalidade de ensino. As inovações tecnológicas e as metodologias de ensino ativas, como a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL), a Aprendizagem Baseada em Casos (CBL) e a Aprendizagem Baseada em Equipes (TBL), impulsionaram a busca por ferramentas que complementam ou, em alguns casos, até substituam a dissecação cadavérica tradicional. Entre as principais ferramentas tecnológicas que estão surgindo e sendo aprimoradas para o ensino da anatomia, destacam-se os Modelos 3D e Aplicações Computadorizadas que permitem aos alunos explorar estruturas anatômicas de maneiras que antes eram impossíveis, oferecendo flexibilidade para o estudo independente, acessibilidade em qualquer lugar e a qualquer momento (C, 2024), a Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA) que oferecem experiências imersivas onde os alunos podem dissecar cadáveres virtuais (Hammouda *et al.*, 2025), simular cirurgias e

estudar anatomia em um ambiente altamente interativo e a Impressão 3D de peças sintéticas, que permite a criação de modelos físicos altamente precisos de estruturas anatômicas a baixo custo e em menos tempo (Chata, 2024). Para além disso, o uso de tomografia computadorizada (TC), ressonância magnética (RM) e ultrassonografia em aulas de anatomia permite a visualização in vivo de estruturas anatômicas e sua fisiologia, além de fornecer informações sobre processos patológicos trazendo. Essa integração ajuda os alunos a aplicar o conhecimento anatômico básico à interpretação de exames clínicos, correlacionando a relevância clínica com o conhecimento anatômico (Elliot, 2022).

Como observado, entendendo as demandas e pensando na evolução tecnológica digital, as ferramentas de aprendizagem para visualização virtual de modelos tridimensionais tornaram-se uma oportunidade promissora para preencher as lacunas geradas com essas adaptações na educação médica. Assim, dentro desse nicho, difunde-se, principalmente, os softwares com representação anatômica tridimensional a partir de modelos humanos fictícios, o que, apesar de tratar-se de uma ferramenta imponente, traz consigo a limitação da verossimilhança em relação à estrutura anatômica real (Elliot, 2022).

Com isso, entendendo que esse panorama pode ser ainda mais verossímil à realidade dos modelos anatômicos humanos e utilizando-se de uma combinação de vários softwares que auxiliam no processo de tratamento e condicionamento de exames de imagem, decidimos criar uma técnica de visualização tridimensional com base em modelos anatômicos reais, utilizando tecnologias inovadoras que atuam como aliada no ensino de anatomia (e radiologia), sendo, principalmente, o software InVesalius criado pelo centro Tecnológico Renato Archer (CTI), capaz de criar imagens tridimensionais a partir de exames bidimensionais obtidos de Tomografia Computorizada, varreduras (CAT scans) e ressonância magnética (MRI) em praticamente qualquer indivíduo (Amorim *et al.*, 2015), como nossa principal aplicação.

Nesse sentido, esse trabalho surge com o objetivo de realizar um estudo primário, apresentando e discutindo o ensino de anatomia através de modelos virtuais tridimensionais, com foco na utilização do Software livre InVesalius, elencando suas funções, benefícios e limitações a fim de evidenciar essa técnica promissora para o ensino de anatomia e fisiologia humana.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O ensino de anatomia humana passou por uma evolução significativa ao longo do tempo, adaptando-se aos avanços tecnológicos e às necessidades pedagógicas de cada época. Tradicionalmente, a disciplina era estudada através da dissecação cadavérica, da anatomia sistêmica e topográfica, utilizando-se, à priori, peças humanas dissecadas como fundamento básico do ensino de anatomia humana (Pinheiro, 2021). Embora um começo importante ao seu início, a escassez de corpos disponíveis para estudo era um problema recorrente, chegando, em séculos passados, a gerar práticas como o roubo de corpos e até assassinatos para suprir a demanda das escolas médicas, como evidenciado na Escócia durante os séculos XVIII e XIX (Sobral *et al.*, 2024). Assim, para além disso, a dissecação apresentava mais limitações, uma vez que a visualização de certas partes anatômicas apresentava dificuldade, muito pelo processo de formolização e de dissecação, prejudicando algumas peças anatômicas, como também pelo preparo inadequado das peças, sendo que a falta de motivação e o receio do contato com cadáveres também eram obstáculos ao aprendizado. (Pinheiro, 2021).

A evolução da educação médica perpassou por vários momentos do ensino e aprendizagem de anatomia humana que acompanhou todo o processo de avanço tecnológico observado, principalmente, a partir do século XX. No novo contexto do ensino de anatomia humana, houve uma inserção significativa de métodos ativos de ensino, impulsionada por diversos fatores como a redução da carga horária da disciplina e a necessidade de otimizar o aprendizado. As Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) também estabelecem a necessidade de uma formação acadêmica na área médica pautada na construção de um currículo inovador, tendo como base as metodologias ativas de ensino (Neto, 2020). Assim, nesse novo contexto, o velho método de ensino tradicional de anatomia foi perdendo um pouco de sua capacidade de abarcar as novas mudanças, não atendendo integralmente às novas necessidades do ensino atual.

Diante dessa problemática, a introdução do ensino baseado em imagens virtuais tridimensionais (3D) representa uma evolução significativa no contexto do ensino de anatomia humana, especialmente no que se refere à implementação de métodos ativos de aprendizagem. Com o avanço da internet e das tecnologias de imagem, diferentes formas de estudar anatomia foram desenvolvidas, incluindo aplicativos digitais que simulam as estruturas corporais em 3D (Sobral *et al.*, 2024). A utilização desses aplicativos de Anatomia 3D tem demonstrado ser

muito benéfica no método ativo, principalmente por ampliar a percepção anatômica tridimensional dos alunos, que antes era limitada pela escassez de materiais orgânicos para dissecação e pelas baixas opções de cortes anatômicos em peças sintéticas (Medeiros *et al.*, 2022). Um dos grandes benefícios dos métodos 3D no contexto do ensino ativo é a promoção do estudo autodirigido, sendo que as ferramentas tecnológicas podem ser personalizadas conforme a necessidade dos alunos, permitindo que explorem as estruturas no seu próprio ritmo e fora do ambiente laboratorial (Medeiros *et al.*, 2022).

No atual e promissor cenário do uso de tecnologias de visualização 3D aplicadas ao ensino, diversos softwares vêm sendo desenvolvidos para aprimorar o aprendizado da anatomia humana. Alguns desses programas utilizam modelos tridimensionais virtuais fictícios, já bastante funcionais e difundidos. Outros, no entanto, baseiam-se na reconstrução tridimensional de exames de imagem reais, conferindo maior veracidade e aproximação com a realidade anatômica. É o caso do InVesalius - software livre desenvolvido pelo Instituto Renato Archer - que facilita o estudo anatômico ao oferecer ferramentas que permitem a tridimensionalização de exames de imagem, enriquecendo a experiência educacional com representações mais fidedignas das estruturas do corpo humano (Camilo, 2012).

Diante dessa trajetória de evolução do ensino de anatomia, e considerando os inúmeros benefícios proporcionados pelos modelos tridimensionais, este estudo apresenta uma aplicação prática da técnica de visualização utilizando o InVesalius. Trata-se de uma ferramenta robusta e acessível, que se destaca como uma aliada no novo panorama educacional, marcado pela incorporação de recursos tecnológicos e metodologias ativas de ensino, voltadas para a autonomia e o protagonismo do estudante.

3 METODOLOGIA

Todos os pesquisadores envolvidos na execução deste projeto foram devidamente capacitados para a utilização dos softwares que compõem a técnica de tridimensionalização adotada. Essa abordagem facilita, de forma virtual, o estudo anatômico e topográfico do corpo humano. O desenvolvimento e o aprimoramento da técnica de visualização tridimensional ocorreram ao longo de um período de doze meses, entre setembro de 2023 e setembro de 2024. Durante esse intervalo, foi possível consolidar os conhecimentos necessários para a manipulação dos softwares utilizados, bem como refinar as etapas envolvidas na seleção,

anonimização e reconstrução dos exames de imagem. Esse tempo dedicado ao processo contribuiu significativamente para a melhoria da qualidade das visualizações geradas no InVesalius, otimizando a obtenção de modelos anatômicos em 3D mais precisos e detalhados. Além disso, a continuidade do estudo ao longo de um ano permitiu testar diferentes abordagens e padronizar um fluxo de trabalho eficiente e replicável, favorecendo sua aplicação em contextos acadêmicos e de pesquisa. Após se conseguir o tratamento adequado para a visualização mais eficaz, os arquivos são salvos em formato .INV, próprio para utilizações posteriores no software, também ocupando menos espaço de memória, uma vez que os arquivos DICOM possuem um tamanho considerável.

A técnica desenvolvida fundamenta-se na utilização de dois softwares livres disponíveis na internet, o que torna o método ainda mais acessível para estudantes e demais interessados em explorar essa forma de aprendizado. O processo envolve a obtenção gratuita de exames de imagem, como Ressonância Magnética (RM) e Tomografia Computadorizada (TC), por meio de acervos digitais; a anonimização dos arquivos DICOM, garantindo a proteção dos dados sensíveis dos pacientes; e, por fim, o tratamento e a tridimensionalização dessas imagens utilizando o software InVesalius.

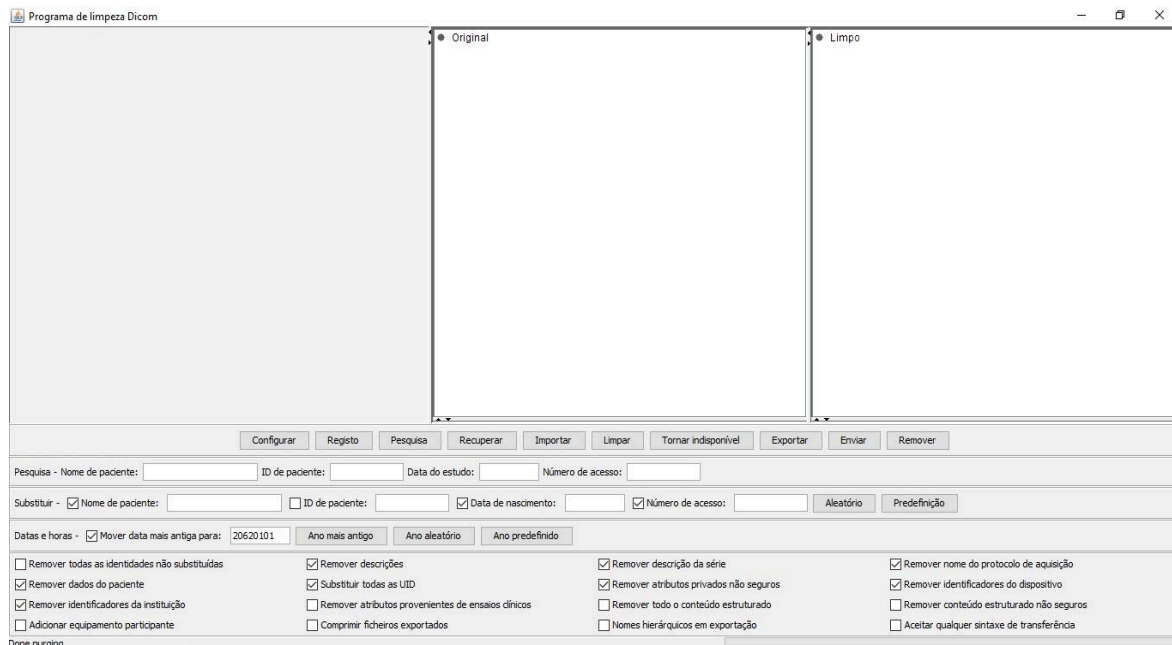
Os exames de imagem, especialmente os de RM e TC, são disponibilizados no formato DICOM -um padrão internacional amplamente adotado para armazenamento, transmissão, processamento, impressão, visualização e recuperação de imagens médicas. Trata-se do formato mais comum para digitalizações médicas. Diversos sites funcionam como bancos de dados de exames radiológicos e oferecem gratuitamente esse tipo de arquivo em DICOM, o que representa o primeiro passo para a criação de visualizações volumétricas com o InVesalius.

Uma vez obtido o exame, é necessário submetê-lo a um processo de anonimização. Para isso, utiliza-se o software Dicom Cleaner, uma ferramenta gratuita desenvolvida pela PixelMed Publishing, baseada em Java. Esse aplicativo é capaz de remover dados sensíveis dos pacientes, como nome e número de atendimento, preservando apenas informações como sexo e idade — dados úteis para fins acadêmicos e comparativos. Embora a maioria dos sites que disponibilizam exames para download já ofereçam arquivos anonimizados, essa etapa é essencial para garantir a proteção dos dados e evitar qualquer risco de exposição de informações pessoais.

O Dicom Cleaner possui uma interface única, porém suas funcionalidades não são particularmente intuitivas. Durante o desenvolvimento desta etapa, diversas configurações foram testadas até se chegar a um modelo ideal que preservasse apenas os dados relevantes (sexo e idade), eliminando qualquer informação que pudesse comprometer a identidade dos pacientes. A configuração final atende plenamente às necessidades do projeto e, uma vez ajustada, fica salva no software, facilitando sua reutilização em futuras sessões.

A seguir, apresenta-se uma imagem da interface do Dicom Cleaner com a configuração padrão utilizada para garantir a anonimização eficaz dos exames em formato DICOM.

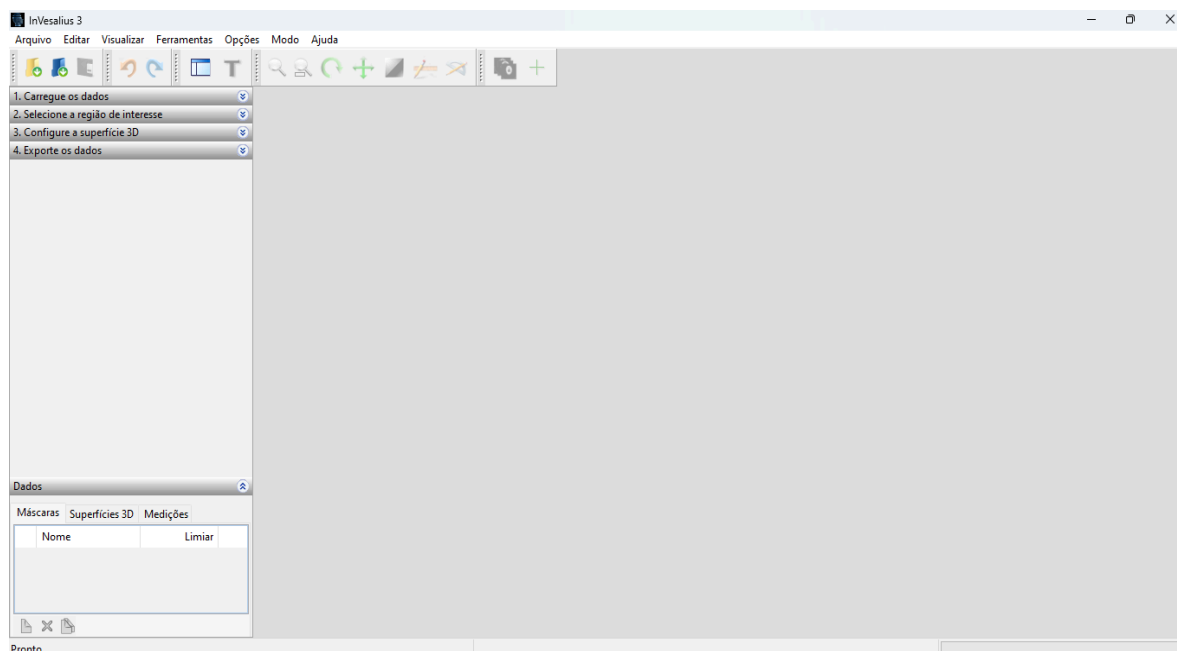
Figura 1 – Interface e configurações do Software Dicom Cleaner



Fonte: Dicom Cleaner, Pixelmed Publishing

O InVesalius, versão 3.1, é um software livre criado pelo centro Tecnológico Renato Archer (CTI), capaz de criar imagens tridimensionais a partir de exames bidimensionais obtidos de Tomografia Computorizada, varreduras (CAT scans) e ressonância magnética (RM) em praticamente qualquer indivíduo. Trata-se do principal software gratuito que encontramos onde o estudante conseguirá manipular as imagens e estudar em modelos 3D a partir de um exame real.

Figura 2 – Interface Principal do Software InVesalius



Fonte: InVesalius, Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer

Após a aquisição do exame em formato DICOM e sua devida anonimização, o software InVesalius permite o upload dos arquivos nesse formato. Ao serem carregados, os arquivos exibem as diferentes séries que compõem o exame de imagem. Recomenda-se selecionar a série que contém o maior número de fatias (ou cortes), pois ela proporciona uma qualidade superior na reconstrução e visualização tridimensional do exame.

Assim, após esta etapa o exame será carregado, e aparecerá como em qualquer aplicativo de visualização de exames médicos, no formato convencional. Entretanto, o interessante na utilização do InVesalius é que ele possui algumas ferramentas que possibilitam a visualização tridimensional, conseguindo, inclusive, isolar alguns órgãos principais, tais como cérebro, pulmão, pele, ossos, músculos entre outros, tudo isso possibilitado por suas pré-definições, mas também possibilitando a manipulação do usuário para isolar estruturas em diversas técnicas.

O InVesalius oferece uma ampla gama de funcionalidades, muitas das quais ainda não foram completamente exploradas no escopo desta pesquisa, que teve como foco principal a visualização tridimensional das estruturas anatômicas. Entre os recursos disponíveis, destaca-se a ferramenta de plano de corte, que permite a navegação detalhada por seções transversais da

reconstrução 3D, proporcionando uma análise mais precisa das camadas internas das estruturas corporais.

Além disso, o software conta com máscaras pré-definidas que facilitam a segmentação de diferentes tecidos e sistemas. Por meio dessas máscaras, é possível destacar com clareza estruturas específicas, como a pele e partes moles, vias aéreas, sistema esquelético e até mesmo componentes do sistema vascular. Esses recursos tornam o InVesalius uma ferramenta valiosa para o estudo anatômico virtual, permitindo ao usuário ajustar o nível de detalhamento conforme os objetivos educacionais ou científicos.

Já utilizando a tridimensionalização, ferramentas como a régua, medidor de distância e o fixador permitem ao usuário demarcar áreas de estudo, medir estruturas, e analisar áreas de possível relação com alguma patologia que se busca no estudo. Assim, as imagens e configurações resultantes foram salvas no próprio formato do software (.inv), que armazena as predefinições, máscaras e ajustes aplicados durante a análise, permitindo que os modelos tridimensionais sejam reabertos posteriormente com todas as personalizações previamente realizadas.

Em se tratando da quantidade de exames trabalhados, foi possível o estudo de 149 exames de imagem, sendo 50 a partir de RM e 99 a partir de TC. Esses exames foram organizados previamente em pastas, primeiramente separados segundo o método de exame de imagem utilizado, no caso RM e TC, e posteriormente separados por área anatômica. Assim, somando-se os exames por categoria, tem-se um acervo sólido e distribuído de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Distribuição da quantidade de exames por região anatômica

Região Anatômica	Descrição	Número de Exames
Crânio e Pescoço	Estruturas presentes na caixa craniana e na região cervical, incluindo cérebro, ossos do crânio, coluna cervical e vasos sanguíneos.	34

Tórax	Estruturas do mediastino e da caixa torácica, incluindo pulmões, vias aéreas inferiores, coração, diafragma e estruturas associadas.	20
Abdome	Estruturas intra-abdominais, incluindo estômago, pâncreas, intestinos, baço e órgãos relacionados.	21
Mão e Punho	Ossos do carpo, articulação do punho, metacarpos, falanges e musculaturas associadas.	12
Braço, Antebraço e Ombro	Estruturas do sistema locomotor dos membros superiores, incluindo articulação do ombro, úmero, rádio, ulna e musculaturas associadas.	13
Pelve	Órgãos e estruturas da região pélvica, incluindo ossos da pelve, bexiga, uretra e musculaturas associadas.	20
Perna	Estruturas do sistema locomotor dos membros inferiores, incluindo articulação coxofemoral, fêmur e musculaturas associadas.	14
Tornozelo e Pés	Ossos da articulação tíbio-társica, ossos do tarso, metatarsos, falanges e estruturas associadas.	15
Total	—	149

Fonte: Elaborado pelo autor

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O InVesalius, ao utilizar dados reais provenientes de exames de imagem como a Ressonância Magnética (RM) e a Tomografia Computadorizada (TC), apresenta vantagens significativas em relação a aplicações que se baseiam em modelos tridimensionais artificiais ou desenhados. Sua principal superioridade está na fidelidade anatômica e na possibilidade de personalização para cada paciente. Isso ocorre porque o software permite a criação de modelos tridimensionais a partir de imagens médicas no formato DICOM, padrão internacional para

esse tipo de dado, garantindo assim que os modelos sejam altamente precisos e específicos para cada indivíduo. Essa personalização é particularmente relevante no contexto do planejamento cirúrgico, pois contribui para a redução de riscos e melhora a experiência do paciente, ao passo que os aplicativos baseados em desenhos geralmente oferecem modelos genéricos que não contemplam as variações anatômicas individuais nem eventuais anomalias (Buckin *et al.*, 2017).

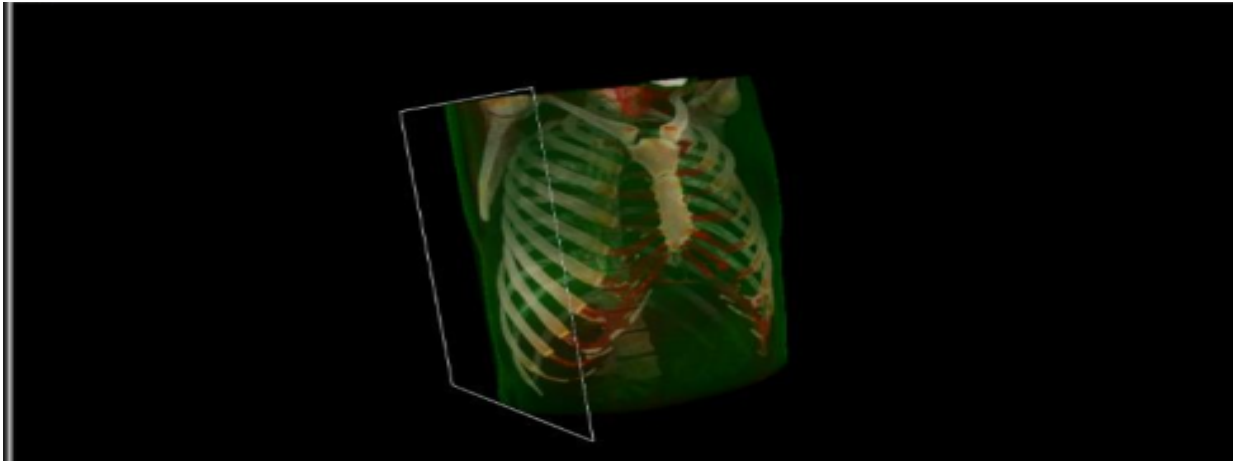
Além disso, os modelos digitais gerados a partir de exames reais permitem representar variações anatômicas e patologias de maneira dinâmica, sendo possível manipular as estruturas para ilustrar mudanças relacionadas à idade, ao desenvolvimento, ao impacto de doenças ou a alterações funcionais. Exemplos disso incluem a demonstração da progressão de doenças como a cirrose hepática ou o Alzheimer. Enquanto isso, modelos físicos ou desenhados exigiriam múltiplas versões para representar essas transformações. Outro ponto de destaque é que hospitais e clínicas possuem extensos acervos de exames de TC e RM, os quais podem ser fontes riquíssimas para a construção de modelos anatômicos com inúmeras variações que não seriam viáveis de serem reproduzidas economicamente como modelos comerciais (Fredieu *et al.*, 2015).

Nesse sentido, embora os softwares de modelagem 3D tradicional possam produzir representações visuais esquemáticas ou realistas da anatomia humana, os modelos derivados diretamente de imagens médicas reais, como os produzidos pelo InVesalius, oferecem uma base mais precisa e clinicamente relevante. Isso permite explorar a anatomia humana em toda a sua complexidade, incluindo suas variações, patologias e detalhes internos que dificilmente seriam reproduzidos com exatidão por meio de modelos fabricados ou desenhados (Fredieu *et al.*, 2015).

A partir da técnica adotada neste estudo, observou-se que o software é altamente eficiente na reconstrução detalhada da anatomia óssea, permitindo sua visualização de forma isolada, com riqueza de detalhes que favorecem a análise precisa das estruturas. Quanto ao sistema muscular, o InVesalius também se mostrou eficaz na identificação de estruturas musculares, possibilitando sua visualização com clareza. Através da manipulação dos níveis de contraste e das ferramentas de segmentação por cor, é possível destacar músculos de forma

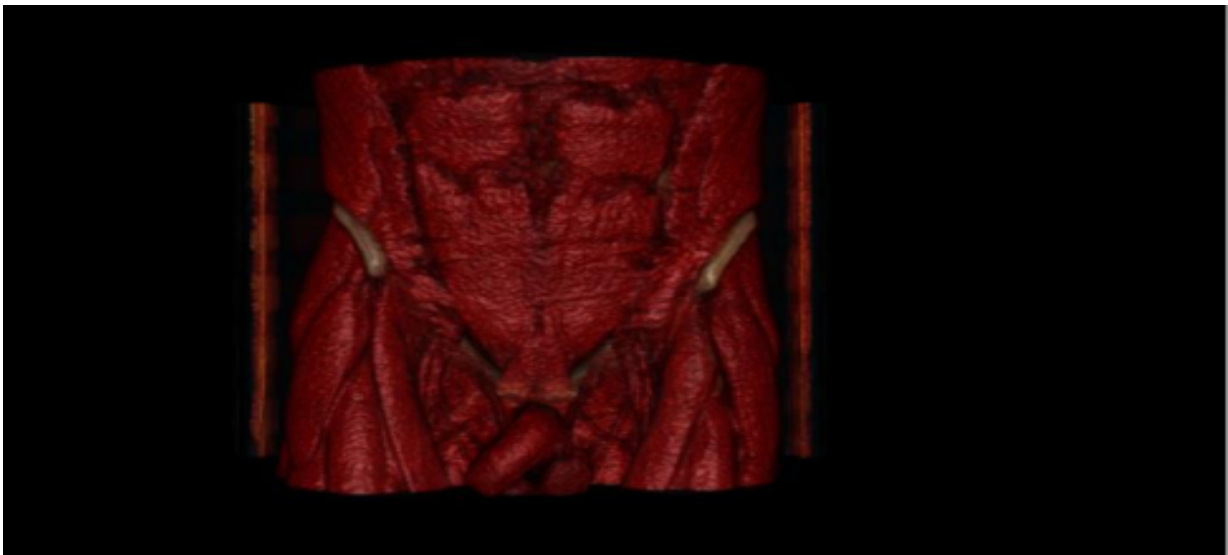
nítida, tornando o software uma ferramenta promissora para o estudo anatômico do sistema musculoesquelético.

Figura 3 – Visualização volumétrica da anatomia Óssea



Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Figura 4 – Anatomia muscular abdominal e Pélvica

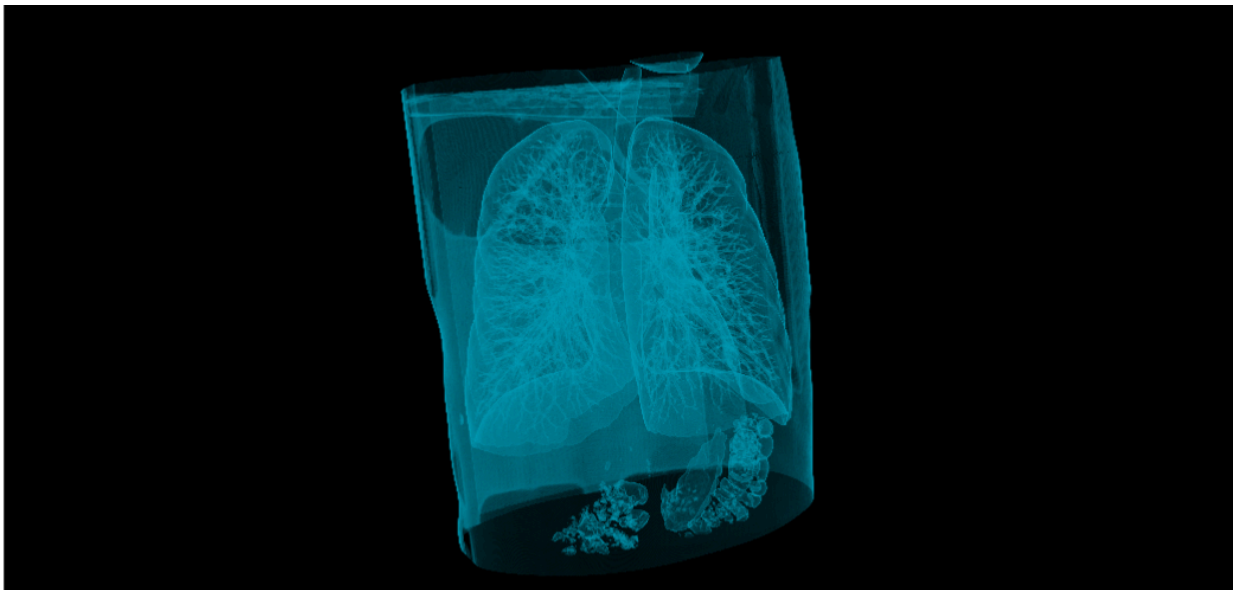


Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Em relação ao sistema respiratório, as pré-definições de vias aéreas permitem a visualização de todo o trajeto respiratório, o que é de grande utilidade para o entendimento da anatomia funcional do sistema, sendo útil, inclusive, na correlação da fisiologia humana. Os

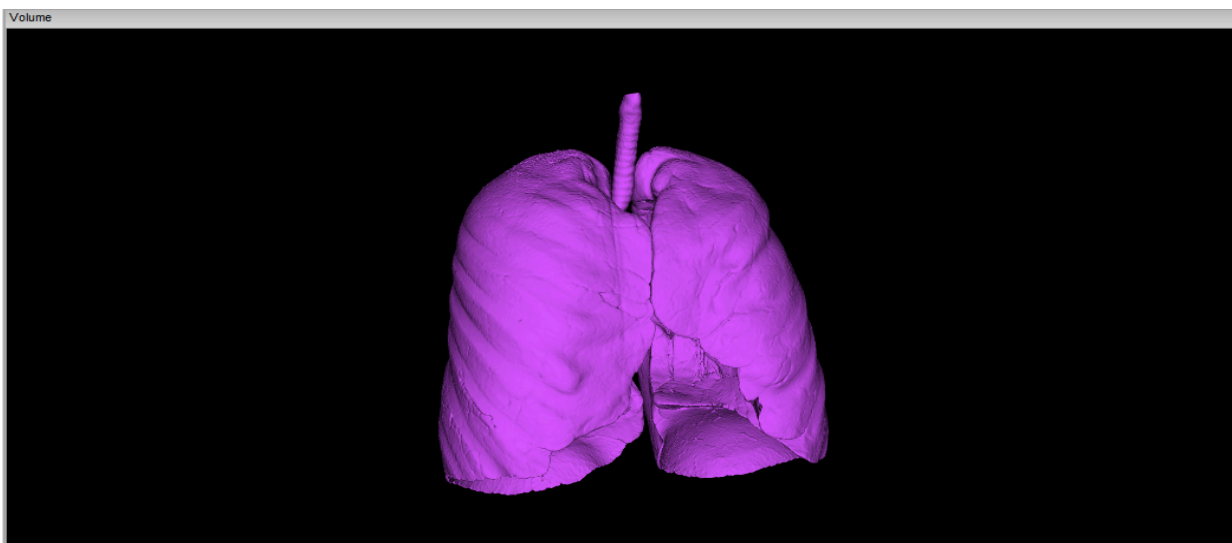
pulmões, por sua vez, podem ser facilmente isolados utilizando as máscaras pré-definidas, o que facilita seu estudo individualizado e a análise morfológica. Em muitos casos, a visualização obtida supera, em nitidez e preservação estrutural, aquela das peças conservadas em formol.

Figura 5 – Anatomia da via respiratória baixa



Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

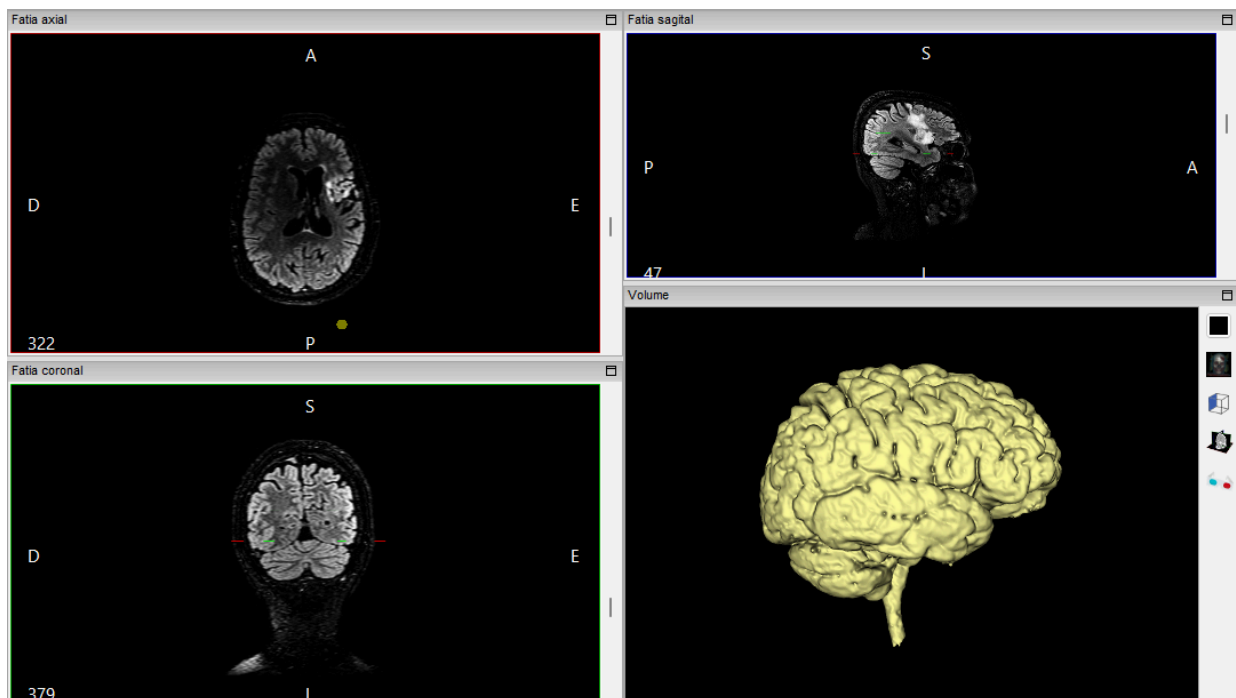
Figura 6 – Anatomia do pulmão



Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

No estudo do sistema nervoso central, o cérebro pode ser analisado tanto por meio da ferramenta de planos de corte quanto pela função *Wathershed*, que permite seu isolamento tridimensional de forma manual, escolhendo a área. Essa funcionalidade é especialmente útil para o estudo neuroanatômico, pois respeita as variações individuais e possibilita a identificação de possíveis alterações patológicas visíveis nos exames de imagem originais, o que confere uma importância desse tipo de estudo, uma vez que também pode-se abranger ao estudo anatomopatológico, correlacionando as modificações anatômicas ocasionadas por patologias específicas, uma vez que identificadas nos exames de imagem selecionado.

Figura 7 – Anatomia do sistema nervoso



Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Na região de cabeça e pescoço, a visualização do sistema vascular ainda apresenta algumas limitações, exigindo ajustes manuais nas predefinições e no controle de contraste para isolar com clareza as estruturas vasculares. Ainda assim, mesmo com essas limitações, o InVesalius se destaca frente ao ensino anatômico tradicional com cadáveres, especialmente no estudo do sistema vascular, cujas estruturas, por serem frágeis, frequentemente se perdem durante os processos de fixação com formol.

Alguns órgãos internos, por não possuírem pré-definições, são mais difíceis de serem isolados individualmente para estudo anatômico, como é o caso do fígado, rins, intestino, pâncreas, entre outros. No entanto, a visualização completa em 3D permite explorar essas estruturas por meio dos planos de corte, possibilitando a observação interna e contribuindo significativamente para o estudo anatômico desses órgãos. A mesma ferramenta *Watershed* pode ser utilizada para isolar estas estruturas de forma manual, especialmente aquelas que não possuem uma máscara pré-definida que facilite o isolamento automático. Apesar de não ser uma ferramenta muito intuitiva, com um pouco de prática é possível dominá-la, e seu aprendizado é bastante valioso, pois agrega às diversas funcionalidades oferecidas pelo InVesalius.

Durante a utilização da ferramenta, observou-se que algumas de suas funções ainda não apresentam um manuseio intuitivo, o que exige um treinamento prévio para que os usuários consigam explorar ao máximo os recursos oferecidos pelo aplicativo, especialmente quando utilizado com fins educacionais. Essa dificuldade se deve, em grande parte, à ampla variedade de ferramentas de navegação disponíveis no exame. Embora essa diversidade agregue valor ao proporcionar mais opções que potencialmente facilitam o estudo, ela também pode representar um obstáculo à navegação fluida e ao uso intuitivo do sistema.

Apesar desses aspectos, por se tratar de um aplicativo gratuito, o InVesalius configura-se como uma ferramenta acessível e com relevantes contribuições para o ensino e aprendizagem, não apenas de anatomia humana, mas também de fisiologia e anatomopatologia. A utilização desse tipo de ferramenta tridimensional para o estudo de anatomia humana é importante, pois auxilia na ampliação da percepção tridimensional, estabelece relações topográficas eficazes, possibilita o estudo autodirigido tendo possibilidade de uso fora do laboratório, e até mesmo melhora o desempenho acadêmico segundo estudos comparativos (Neto *et al.*, 2020). Em um estudo sobre a neuronavegação utilizando-se modelos tridimensionais, Souza *et al.* (2018) alega que o InVesalius se destaca em comparação com sistemas de navegação comerciais por ser capaz de se comunicar com diversos dispositivos de rastreamento espacial, por sua portabilidade e requisitos operacionais mínimos. Assim, em sua conclusão o estudo afirma que o InVesalius fornece uma neuronavegação precisa dentro da faixa de aceitação discutida na literatura e que pode ser usado para melhorar a confiabilidade de experimentos fisiológicos em diferentes centros de pesquisa e clínicos, o que

demonstra ainda mais a confiabilidade e utilidade do aplicativo, que pode ser utilizado, inclusive, para análise e planejamento cirúrgico

Um estudo realizado na Universidade Médica de Xinjiang (Niu *et al.*, 2025) investigou os efeitos da integração de modelos tridimensionais (3D) de anatomia em uma estrutura de aprendizado combinado, avaliando sua eficácia nas fases pré-aula, em sala de aula e pós-aula. A pesquisa contou com a participação de 169 estudantes de medicina, divididos em três grupos: um grupo controle (Classe A, n = 57), que seguiu uma metodologia tradicional de ensino híbrido, e dois grupos experimentais, Classe B (n = 56), que utilizou modelos 3D de forma contínua ao longo das três fases, e Classe C (n = 56), que integrou os modelos 3D de maneira faseada. Os critérios de avaliação envolveram testes formativos e questionários de satisfação aplicados aos alunos, com análise estatística dos resultados. Os dados evidenciaram que a integração contínua dos modelos anatômicos 3D (Classe B) proporcionou um desempenho superior ao ensino tradicional. No teste pré-aula, a Classe B obteve uma média de 69,7, significativamente maior que a da Classe A (63,8; $p < 0,05$). Em sala de aula, os estudantes da Classe B mantiveram a vantagem, com média de 77,1 contra 70,8 da Classe A ($p < 0,05$). Mesmo o grupo com integração faseada (Classe C) apresentou melhorias significativas após a introdução dos modelos 3D, com a média do teste pré-aula subindo de 61,8 para 67,0 ($p < 0,05$). Em relação à satisfação dos alunos, os grupos que utilizaram modelos 3D, tanto de forma contínua quanto faseada, relataram níveis significativamente mais altos do que o grupo controle ($p < 0,05$), com destaque para os aspectos de interesse pelo conteúdo e diversidade das estratégias de ensino. Esses resultados demonstram que o uso de modelos anatômicos 3D, como os que podem ser produzidos por ferramentas como o InVesalius, não apenas eleva o desempenho acadêmico dos estudantes, mas também aumenta significativamente sua motivação e engajamento, superando os métodos tradicionais de ensino da anatomia..

5 CONCLUSÃO

No cenário atual da educação médica, em que os alunos passam cada vez mais tempo fora da sala de aula e são estimulados a desenvolver o estudo autodirigido, ferramentas digitais como o InVesalius tornam-se essenciais para superar as limitações do ensino tradicional. A flexibilidade de uso, o acesso gratuito e a possibilidade de estudo em qualquer ambiente ampliam significativamente o alcance do aprendizado, permitindo que o aluno explore o

conteúdo de forma autônoma e no próprio ritmo. Além disso, o InVesalius acompanha a evolução do ensino anatômico, que tem incorporado métodos ativos e recursos tecnológicos como forma de otimizar a compreensão tridimensional das estruturas e integrar diferentes áreas do conhecimento, como a fisiologia e a anatomopatologia.

Nesse âmbito, diante dos resultados obtidos neste estudo, é possível afirmar que o InVesalius representa uma ferramenta tecnológica de grande relevância para o ensino e a aprendizagem da anatomia humana. Sua capacidade de reconstrução tridimensional a partir de exames de imagem reais confere maior realismo e precisão à exploração anatômica, destacando nuances estruturais que muitas vezes não são preservadas em peças anatômicas fixadas. A versatilidade do software se manifesta em sua aplicação nos diversos sistemas do corpo humano, com destaque para a riqueza de detalhes na visualização do sistema musculoesquelético, a funcionalidade das ferramentas aplicadas ao estudo do sistema respiratório e a precisão oferecida na análise do sistema nervoso central. Ainda que algumas limitações tenham sido identificadas, como a dificuldade de segmentação automática de determinados órgãos e a pouca intuitividade de algumas funções, essas barreiras podem ser superadas com treinamento e familiarização com a interface do programa.

Além disso, o InVesalius se mostra uma alternativa viável, acessível e altamente promissora frente aos métodos tradicionais de ensino anatômico, especialmente em contextos educacionais que enfrentam restrições de acesso a peças cadavéricas ou laboratórios especializados. Sua aplicação extrapola o campo da anatomia, estendendo-se ao ensino da fisiologia, da anatomopatologia e até mesmo ao planejamento cirúrgico e à neuronavegação, conforme evidenciado na literatura.

Assim, conclui-se que o InVesalius, por reunir confiabilidade técnica, acessibilidade e aplicabilidade multidisciplinar, consolida-se como um recurso pedagógico inovador e eficaz, capaz de enriquecer a formação acadêmica em saúde, promover o aprendizado ativo e contribuir significativamente para o desenvolvimento de competências clínicas e anatômicas dos estudantes.

6 REFERÊNCIAS

AMORIM, Paulo *et al.* **InVesalius: An Interactive Rendering Framework for Health Care Support.** *Advances In Visual Computing*, [s.l.], p. 45-54, 2015. Springer International Publishing.

AZER, S. A.; AZER, S. **3D Anatomy Models and Impact on Learning: A Review of the Quality of the Literature.** Health Professions Education, [s.l.], v. 2, n. 2, p. 80-98, dez. 2016. Elsevier BV.

HISLEY, Kenneth C. *et al.* **Coupled physical and digital cadaver dissection followed by a visual test protocol provides insights into the nature of anatomical knowledge and its evaluation.** Anatomical Sciences Education, v. 1, n. 1, p. 27–40, 2008. DOI: 10.1002/ase.4.

MARCHIORI, N. Mara; CARNEIRO, R. William. **Metodologias ativas no processo de ensino-aprendizagem de anatomia e neuroanatomia.** Revista Faculdades do Saber, v. 3, n. 5, p. 365-378, 2018. Disponível em: <https://rfs.emnuvens.com.br/rfs/article/download/48/40/>.

MEDEIROS, A. A. A. *et al.* **O uso de aplicativos de anatomia 3D gratuitos como estratégia pedagógica no laboratório morfofuncional: um relato de experiência.** Research, Society and Development, v. 11, n. 9, e56811932190, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i9.32190>.

MURGITROYD, Ellen *et al.* **3D digital anatomy modelling – Practical or pretty? The Surgeon,** [s.l.], v. 13, n. 3, p. 177-180, jun. 2015. Elsevier BV.

NETO, Josaphat Soares *et al.* **A Sequência Fedathi e o uso de tecnologias digitais 3D como recursos metodológicos para o ensino de anatomia humana: uma revisão integrativa.** Research, Society and Development, v. 9, n. 10, e3559108141, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i10.8141.

PINHEIRO, Manuela Lopes de Araújo *et al.* **A evolução dos métodos de ensino da anatomia humana – uma revisão sistemática integrativa da literatura.** Bionorte, Montes Claros, v. 10, n. 2, p. 168-181, jul./dez. 2021. DOI: 10.47822/bionorte.v10i2.279.

PUJOL, Sonia *et al.* **Using 3D Modeling Techniques to Enhance Teaching of Difficult Anatomical Concepts.** Academic Radiology, v. 23, n. 4, p. 507-516, abr. 2016. Elsevier BV.

REEVES, Rustin E. *et al.* **Improved dissection efficiency in the human gross anatomy laboratory by the integration of computers and modern technology.** Clinical Anatomy, v. 17, n. 4, p. 337–344, 2004. DOI: 10.1002/ca.10245.

RIBEIRO, H. L. *et al.* **Uso de bases de dados didáticas para o ensino de anatomia no Brasil: uma revisão bibliográfica.** Lecturas: Educación Física y Deportes, Revista Digital, Buenos Aires, v. 21, n. 225, fev. 2017.

SILVA, K. C.; SANTANA, O. A. **Objetos de aprendizagem utilizados para o ensino da anatomia humana: uma revisão de literatura.** XVIII Congresso Internacional de Educação a Distância, São Luís - MA, 2012. Disponível em: <http://www.abed.org.br/congresso2012/anais/123c.pdf>.

SOBRAL, Marcus Aurelio Farias *et al.* **Evolução histórica do estudo da anatomia: uma revisão de literatura.** Research, Society and Development, v. 13, n. 4, e8913445605, 2024. DOI: 10.33448/rsd-v13i4.45605.

- SOUZA, Victor Hugo *et al.* **Development and characterization of the InVesalius Navigator software for navigated transcranial magnetic stimulation.** Journal of Neuroscience Methods, v. 309, p. 109–120, 2018. DOI: 10.1016/j.jneumeth.2018.08.023.
- YAMMINE, K.; VIOLATO, C. **The effectiveness of physical models in teaching anatomy: a meta-analysis of comparative studies.** Springer Nature. Advances In Health Sciences Education, [s.l.], v. 21, n. 4, p. 883-895, 12 out. 2015.
- ABOREGELA, A. M. *et al.* **Virtual dissection applications in learning human anatomy: international medical students' perspectives.** BMC Medical Education, v. 24, n. 1259, nov. 2024. DOI: 10.1186/s12909-024-06218-z. Disponível em: <https://bmcmmededuc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12909-024-06218-z>.
- ALMEIDA, P. H. R. *et al.* **Desafios do ensino da anatomia humana em faculdades de Medicina: uma revisão narrativa de literatura.** Research, Society and Development, v. 11, n. 7, e0311729216, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i7.29216>. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i7.29216>.
- CHATHA, W. A. **From scalpel to simulation: reviewing the future of cadaveric dissection in the upcoming era of virtual and augmented reality and artificial intelligence.** Cureus, v. 16, n. 10, e71578, out. 2024. DOI: 10.7759/cureus.71578. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11564896/>.
- ELLIOTT, G. E. **The ongoing discussion about cadaveric dissection in medical education: a proposed integrated approach.** The European Journal of Social and Behavioural Sciences, v. 31, n. 1, 2022. DOI: 10.15405/ejsbs.308. Disponível em: <https://doi.org/10.15405/ejsbs.308>.
- ESTAI, M.; BUNT, S. **Best teaching practices in anatomy education: a critical review.** Annals of Anatomy, v. 208, p. 151-157, fev. 2016. DOI: 10.1016/j.aanat.2016.02.010. Disponível em: <https://www.bodyviz.com/filesimages/Pages/Learn%20More/Related%20Research%20and%20Sources/Best%20Anatomy%20Teaching%20Practices.pdf>.
- HABBAL, O. **The state of human anatomy teaching in the medical schools of Gulf Cooperation Council Countries: present and future perspectives.** SQU Medical Journal, v. 9, n. 1, p. 24-31, abr. 2009. Disponível em: <https://journals.squ.edu.om/index.php/squmj/article/view/289/194>.
- HAMMOUDA, S. B. *et al.* **The effectiveness of VR-based human anatomy simulation training for undergraduate medical students.** BMC Medical Education, v. 25, p. 816, jun. 2025. DOI: 10.1186/s12909-025-07402-5. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC12128225/>.
- NAIDOO, N. *et al.* **Confronting the challenges of anatomy education in a competency-based medical curriculum during normal and unprecedented times (COVID-19 Pandemic): pedagogical framework development and implementation.** JMIR Med Educ, v. 6, n. 2, e21701, out. 2020. DOI: 10.2196/21701. Disponível em:

<http://mededu.jmir.org/2020/2/e21701/>.

BÜCKING, Thore M. *et al.* **From medical imaging data to 3D printed anatomical models.** PLoS ONE, [s. l.], v. 12, n. 5, p. e0178540, 31 maio 2017. DOI: 10.1371/journal.pone.0178540.

CAMILO, A. A. *et al.* **InVesalius: Medical Image Edition.** In: COMPUTATIONAL VISION AND MEDICAL IMAGE PROCESSING (VipIMAGE 2011), 2011, Londres, Inglaterra. [Anais...]. [S. l.: s. n.], 2012. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/292159473>.

FREDIEU, John R. *et al.* **Anatomical Models: a Digital Revolution.** Medical Science Educator, [s. l.], v. 25, p. 183–194, 28 mar. 2015. DOI: 10.1007/s40670-015-0115-9.

NIU, Shuliang *et al.* **Enhancing anatomy education with virtual reality: integrating three-dimensional models for improved learning efficiency and student satisfaction.** Frontiers in Medicine, [s. l.], v. 12, p. 1555053, 4 jun. 2025. DOI: 10.3389/fmed.2025.1555053. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC12174101/>.