

Explorando a geração de imagens anatômicas por diferentes inteligências artificiais

Juliana Alves Oliveira Pereira¹, Lucas Dantas Maia Forte²



<https://doi.org/10.36557/2674-8169.2024v6n11p2710-2727>

Artigo recebido em 30 de Setembro e publicado em 20 de Novembro

ARTIGO ORIGINAL

RESUMO

Objetivo: Este estudo explora a capacidade das plataformas de inteligências artificiais generativas em gerar imagens realistas do joelho, uma região anatômica complexa e amplamente estudada pelos profissionais de saúde. **Método:** Utilizando ferramentas como Midjourney, Leonardo.Ai e BlueWillow, foram feitos experimentos com o *prompt* "Realistic image of the ligaments of a knee dissected for study". **Resultado:** Apesar dos avanços notáveis, especialmente com o Midjourney, as imagens geradas carecem de detalhes anatômicos precisos, muitas vezes representando estruturas de forma equivocada. **Conclusão:** Ainda existem limitações significativas que comprometem a geração de imagens por inteligências artificiais para o aprendizado da anatomia.

Palavras-chave: Inteligência Artificial, Anatomia, Educação Médica

ABSTRACT

Objective: This study explores the capability of generative artificial intelligence platforms to generate realistic images of the knee, a complex anatomical region widely studied by healthcare professionals. **Method:** Using tools such as Midjourney, Leonardo.Ai, and BlueWillow, experiments were conducted with the prompt "Realistic image of the ligaments of a knee dissected for study." **Result:** Despite notable advancements, especially with Midjourney, the generated images lack precise anatomical details, often representing structures inaccurately. **Conclusion:** There are still significant limitations compromising the generation of images by artificial intelligence for anatomy learning.

Keywords: Artificial Intelligence, Anatomy, Medical Education

Instituição afiliada –

1 Discente de Medicina na Unifacisa, Campina Grande (PB), Brasil.

2 Doutor em Ciências da Nutrição e do Esporte e Metabolismo. Professor de Medicina na Unifacisa, Campina Grande (PB), Brasil.

Autor correspondente: Juliana Alves Oliveira Pereira juliana.pereira@maisunifacisa.com.br

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



INTRODUÇÃO

O estudo da anatomia humana é essencial para os profissionais de diferentes áreas saúde. O uso de cadáveres dissecados é uma das metodologias mais antigas para o ensino anatômico do corpo humano^{1,2}. Essa metodologia é muitas vezes associada ao uso de peças de plástico, e, nos últimos anos, aplicativos em dispositivos eletrônicos.

Alguns autores concordam que o estudo com cadáveres dissecados aumenta o aproveitamento dos alunos nas disciplinas de anatomia^{1,3}. Porém, como já apontado por um estudo⁴, muitas vezes as faculdades enfrentam desafios relacionados à disponibilidade e ao preparo inadequado das estruturas anatômicas, o que dificulta a observação eficaz e, conseqüentemente, o processo de aprendizado.

Por outro lado, embora peças de plástico e aplicativos digitais sejam alternativas utilizadas, nem sempre reproduzem com fidelidade o realismo do corpo humano. Portanto, há uma demanda crescente por ferramentas que possam melhorar o estudo da anatomia nas áreas da saúde, proporcionando aos estudantes uma compreensão mais aprofundada das estruturas estudadas.

Nesse contexto, a Inteligência Artificial (IA) surge como uma promissora solução para esse desafio. A geração de imagens anatômicas sintéticas tem se tornado uma área de crescente interesse na comunidade científica, principalmente devido ao seu potencial em aprimorar e complementar os métodos tradicionais de aquisição de imagens médicas. Com os avanços dos algoritmos de geração de imagens, será possível criar representações realistas das estruturas anatômicas, usando ferramentas que empregam algoritmos avançados de processamento de linguagem natural para compreender e responder às solicitações dos usuários⁵.

Um dos principais avanços nesse campo foi o desenvolvimento das Redes Adversárias Generativas (GANs), introduzidas por Goodfellow et al.⁶. As GANs operam com dois modelos que competem entre si: um gerador que cria imagens sintéticas e um discriminador que tenta distinguir entre imagens reais e sintéticas. Essa dinâmica de competição tem se mostrado eficaz na criação de imagens médicas realistas, como demonstrado por Chuquicusma et al.⁷, que utilizaram GANs para gerar imagens sintéticas de tomografia computadorizada de pulmões.

Frid-Adar et al.⁸ expandiram essa abordagem e utilizaram GANs para gerar imagens de tomografia computadorizada de fígado. Além disso, as GANs têm sido aplicadas para a geração de imagens em outras modalidades, como a ressonância magnética (MRI). Chung et al.⁹ exploraram o uso de GANs para a geração de imagens sintéticas de MRI cerebral, demonstrando a viabilidade dessas imagens para melhorar o desempenho de algoritmos de segmentação. Similarmente, Nie et al.¹⁰ apresentaram uma abordagem que utilizava GANs para a tradução de imagens de MRI para tomografia computadorizada (CT). Esses modelos permitem a geração de imagens que são visualmente indistinguíveis das imagens médicas reais, o que pode ser uma ferramenta no ensino e na pesquisa médica.

Apesar dos avanços com GANs, surgiram algumas limitações, como a dificuldade em garantir a estabilidade do treinamento e a preservação de detalhes anatômicos críticos. Em resposta a esses desafios, os modelos baseados em difusão, uma abordagem mais recente, têm ganhado atenção. Modelos de difusão funcionam ao modelar o processo inverso de uma difusão gaussiana, sendo capazes de gerar dados que seguem uma distribuição desejada ao reverter esse processo. Esta técnica tem se mostrado promissora na geração de imagens anatômicas sintéticas de alta qualidade, conforme demonstrado por Ho et al.¹¹ e Ramesh et al.¹², que adaptaram tais modelos para criar imagens detalhadas e realistas, superando algumas das limitações apresentadas pelas GANs.

Outro método promissor são os *Variational Autoencoders* (VAEs), introduzidos por Kingma e Welling¹³, que, apesar de inicialmente serem menos populares que as GANs, oferecem uma maneira robusta de gerar imagens sintéticas ao aprender uma representação latente das imagens reais. As VAEs têm sido aplicadas na geração de imagens médicas com sucesso, como demonstrado por Baumgartner et al.¹⁴, que utilizaram essa abordagem para criar imagens sintéticas de ressonância magnética do cérebro, ajudando na detecção de anomalias cerebrais.

Além das técnicas já mencionadas, as plataformas de IA generativas representam uma verdadeira revolução na maneira como se produz e utiliza conteúdo digital, incluindo imagens anatômicas. Essas plataformas não apenas geram imagens a partir de vastos conjuntos de dados, mas também aprendem e evoluem continuamente com base

em informações provenientes de múltiplas fontes, o que as torna ferramentas poderosas para a pesquisa científica.

Ao combinar dados de diferentes origens, as plataformas de IA generativas conseguem criar representações altamente precisas e diversificadas, oferecendo aos pesquisadores a capacidade de explorar novas fronteiras na visualização e análise anatômica. Como argumentado por Schneider¹⁵ (2023 apud Gozalo-Brizuela, 2023), “a IA generativa não apenas expande o horizonte das aplicações tecnológicas e criativas, mas também redefine as possibilidades na pesquisa científica”. Portanto, ao integrar essas plataformas nas pesquisas anatômicas, os cientistas podem acelerar o processo de descoberta, reduzir a dependência de materiais limitados, como cadáveres dissecados, e desenvolver bancos de dados altamente customizados que atendam às necessidades específicas de cada estudo.

Assim, este estudo visa explorar a capacidade das plataformas de IA generativa em gerar imagens realistas para compor um banco de imagens que, após a devida avaliação humana, possa ser disponibilizado para estudantes e os auxiliem no aprendizado da anatomia, oferecendo uma alternativa viável e eficaz às práticas tradicionais de ensino, como os livros sobre o assunto que utilizam fotos reais.

Além disso, o presente estudo se concentra em geração de imagens da estrutura do joelho, dado a complexidade e importância funcional dessa região anatômica, amplamente estudada em diversas disciplinas das ciências da saúde, como ortopedia, fisioterapia e medicina esportiva. Dessa forma, busca-se estabelecer um modelo replicável para a geração de imagens realistas em outras partes do corpo humano.

METODOLOGIA

O presente estudo propõe uma pesquisa experimental com objetivo de entender e explorar as capacidades e limitações de plataformas de Inteligências Artificiais Generativas na representação de estruturas realistas para o aprendizado de anatomia.

Na literatura científica, algumas pesquisas se propuseram a analisar os potenciais de modelos de IA na geração de conteúdo visual. Yildirim¹⁶ investigou as habilidades de ferramentas de IA na renderização de imagens, explorando as plataformas Leonardo.Ai, Midjourney e DALL-E devido às suas capacidades avançadas de produção imagética e ampla aplicação, que evidencia suas consistências

performáticas. Já Lim et al.¹⁷ realizaram uma pesquisa que visava a geração de imagens realistas pertinentes à cirurgia estética, utilizando as ferramentas DALL-E 2, Midjourney e BlueWillow. Para o presente estudo, a seleção das plataformas considerou a popularidade na literatura científica, a capacidade reconhecida de interpretar comandos textuais para a criação de imagens e a existência de interface gráfica que facilite o uso e a observação pelo usuário.

Dentre as plataformas mencionadas, a DALL-E foi excluída do escopo deste estudo por seu alto custo. Assim, as ferramentas empregadas para a geração de imagens foram:

- Midjourney, através da plataforma digital Discord;
- BlueWillow (versão 4);
- Leonardo.Ai.

Inicialmente, os *prompts* “*knee ligaments*”, “*realistic knee ligaments*” e “*realistic knee with ligament injury*” foram utilizados. Essas escolhas foram orientadas pela tentativa de gerar imagens com uma representação anatômica fiel e realista dos ligamentos do joelho. A partir dos resultados iniciais, notou-se a necessidade de maior precisão, o que levou a uma análise detalhada e ao refinamento progressivo dos *prompts*. Para isso, utilizou-se uma abordagem iterativa, explorando diferentes aspectos para melhorar o realismo das imagens. Incorporou-se, então, a nomenclatura anatômica detalhada, como “*anterior cruciate ligament*” e “*medial collateral ligament*”, para garantir uma representação precisa das estruturas. Além disso, foram elaborados *prompts* que especificavam o contexto de visualização do joelho, como “*dissected knee ligaments for anatomical study*” e “*knee ligaments shown in cross-sectional view with detailed labeling*”.

Cada conjunto de *prompts* foi testado, e as imagens geradas foram avaliadas quanto à fidelidade e ao realismo. Assim, ajustes sucessivos foram realizados, resultando na identificação do *prompt* “*Realistic image of the ligaments of a knee dissected for study*” como o que produziu os melhores resultados em termos de precisão anatômica e qualidade visual. Esse *prompt* foi, então, adotado como padrão para todos os experimentos subsequentes. A partir do *prompt* final, uma nova série de experimentos foi executada para garantir consistência e precisão nos resultados.

A avaliação do material produzido pelas plataformas foi realizada por um estudante de medicina e um professor de anatomia com titulação de doutorado. A fim de garantir objetividade na inspeção dos conteúdos e minimizar o viés de percepção individual, a análise comparativa das estruturas se deu com base nas imagens presentes em atlas anatômicos, não sendo a avaliação da percepção individual dos avaliadores um dos objetivos do trabalho. Os atlas consultados durante o estudo foram:

- *Color atlas of anatomy: a photographic study of the human body*, de Rohen et al.¹⁸
- *Atlas of human anatomy*, de Netter¹⁹

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre as ferramentas de Inteligência Artificial utilizadas, o Midjourney foi a que mais se aproximou da geração de imagens realistas, principalmente na textura óssea do fêmur, da tíbia e da fíbula. No entanto, apesar da criação de representações visualmente impressionantes por algumas plataformas, a totalidade das imagens carecem de detalhes anatômicos precisos, muitas vezes representando estruturas de forma errônea e equivocada. Outro ponto importante é que, apesar dos *prompts* possuírem o comando explícito para a geração dos ligamentos do joelho, os algoritmos de IA falharam em representá-los, ignorando consistentemente esse comando.

Uma possível explicação para essa ausência de ligamentos nas imagens geradas é a falta de dados de treinamento adequados para os algoritmos de IA. A disponibilidade de conjuntos de dados de imagens de alta qualidade e alta resolução que abranjam uma ampla variedade de variações anatômicas dos ligamentos do joelho é fundamental para o treinamento eficaz dos modelos de IA. Os resultados obtidos em cada plataforma serão discutidos mais detalhadamente abaixo.

Midjourney

O Midjourney se destaca pela criação de imagens visualmente impressionantes e por proporcionar um alto nível de interação e envolvimento para o usuário, que insere comandos iniciados com o *script* `"/imagine"` seguido pelo *prompt* desejado. No entanto, o acesso ao Midjourney requer o uso do Discord, o que pode limitar a experiência do usuário, tornando o processo menos conveniente em comparação com outros softwares

de IA. Além disso, a plataforma é paga, e apesar de seu custo ser significativamente menor em comparação com outras opções no mercado, como o DALL-E, isso ainda pode representar um obstáculo para parte do público.

Para o experimento com o Midjourney, o *prompt* final foi enviado através da plataforma Discord, e não foi realizado nenhum ajuste avançado para a geração das imagens. As figuras apresentadas abaixo possuem duas imagens, sendo as originais posicionadas à esquerda, e as imagens com enumeração de pontos inconsistentes para discussão posicionadas à direita.

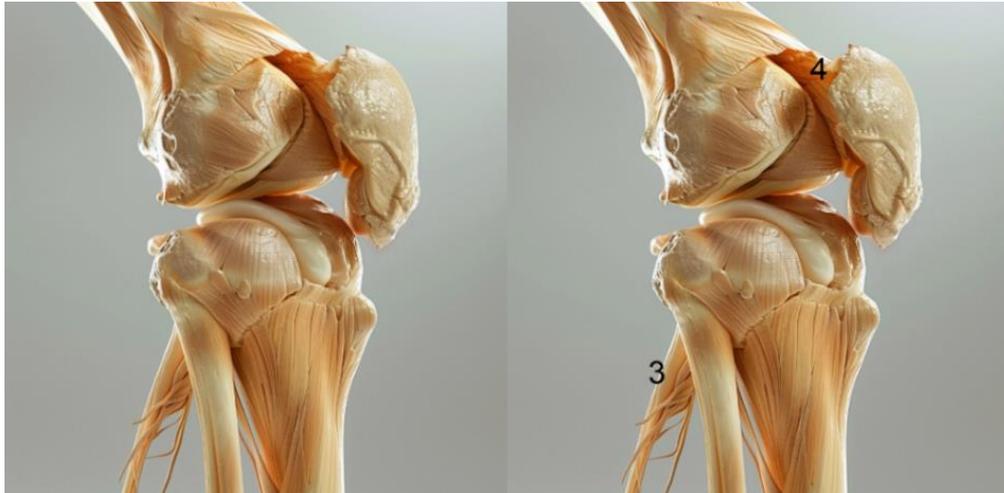
Figura 1 – Imagem gerada a partir do *prompt* "Realistic image of the ligaments of a knee dissected for study" na plataforma Midjourney. Imagem original (à esquerda) e imagem com seleção de pontos para discussão (à direita).



O ponto 1 mostra uma conexão óssea entre a patela e o fêmur, o que não corresponde à realidade. A patela é um osso sesamoide inserida em um tendão e não possui conexão óssea com o fêmur.

Já o ponto 2 apresenta uma cavidade entre os côndilos lateral e medial, o que torna a representação equivocada visto que os côndilos do fêmur são separados pelo sulco intercondilar, que forma uma depressão central suave.

Figura 2 – Imagem gerada a partir do *prompt* "Realistic image of the ligaments of a knee dissected for study" na plataforma Midjourney. Imagem original (à esquerda) e imagem com seleção de pontos para discussão (à direita).



Na figura 2, o osso do fêmur na imagem gerada está completo, sem a cavidade apontada no ponto 2. O ponto 4 pode representar o tendão do quadríceps - que liga a patela ao músculo do quadríceps, porém a imagem omite o ligamento patelar - que liga a patela à tíbia. Além disso, o ponto 3 mostra uma estrutura anormal, visto que nessa região não há osso ou ligamento com esse posicionamento.

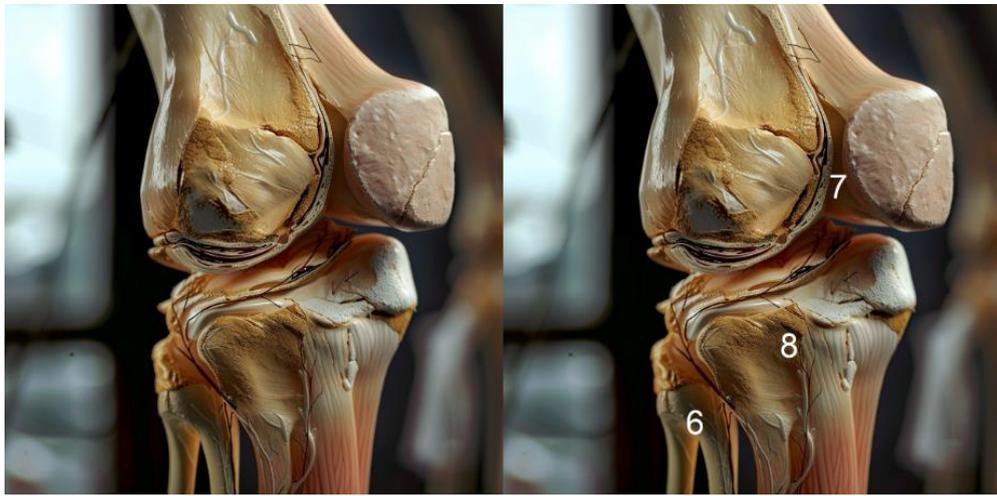
Figura 3 – Imagem gerada a partir do *prompt* "Realistic image of the ligaments of a knee dissected for study" na plataforma Midjourney. Imagem original (à esquerda) e imagem com seleção de pontos para discussão (à direita).



O ponto 5 poderia representar o ligamento patelar, porém se encontra

incompleto -com sua extremidade terminada de forma abrupta.

Figura 4 – Imagem gerada a partir do *prompt "Realistic image of the ligaments of a knee dissected for study"* na plataforma Midjourney. Imagem original (à esquerda) e imagem com seleção de pontos para discussão (à direita).

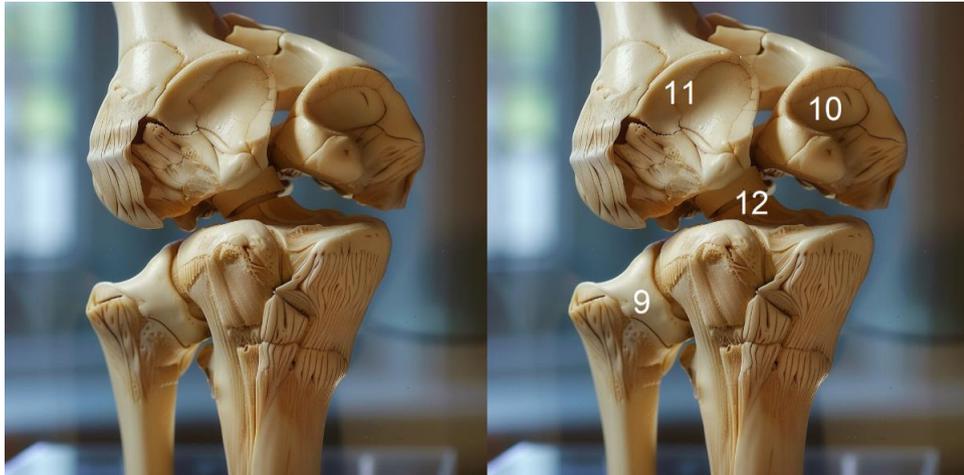


Na figura 4, o osso da fíbula (ponto 6) está representado com duas estruturas ósseas paralelas divididos por uma cavidade, o que não encontra embasamento na realidade.

No ponto 7, o sulco intercondilar está novamente representado como uma cavidade, ao invés de uma depressão suave.

Já no ponto 8, há uma representação do osso da tíbia sendo coberto por músculo, mas que peca na qualidade realística e causa estranheza.

Figura 5 – Imagem gerada a partir do *prompt* "Realistic image of the ligaments of a knee dissected for study" na plataforma Midjourney. Imagem original (à esquerda) e imagem com seleção de pontos para discussão (à direita).

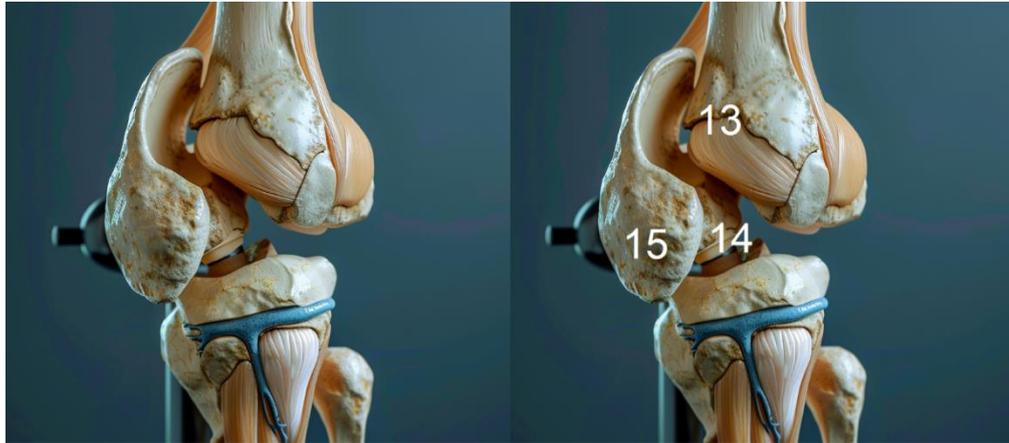


Na figura 5, o ponto 9 pode ser uma tentativa de representar a cartilagem na articulação entre a fíbula e a tíbia, mas que não é realista visto que essa cartilagem não reveste os ossos para além da superfície de contato entre eles. Além disso, a fíbula e a tíbia são conectadas na região do joelho pelo ligamento anterior da cabeça da fíbula, não representado na imagem.

O ponto 12 representa uma conexão equivocada no joelho entre a tíbia e o fêmur – que na realidade são conectados pelos ligamentos cruzado anterior e cruzado posterior.

O ponto 10 aparenta ser a tentativa de representar a patela, mas falha ao apresentar uma estrutura anatômica oval, além de um prolongamento ósseo em direção ao fêmur, que não existe realmente. No ponto 11, há uma depressão no côndilo lateral que não encontra embasamento na realidade.

Figura 6 – Imagem gerada a partir do *prompt* "Realistic image of the ligaments of a knee dissected for study" na plataforma Midjourney. Imagem original (à esquerda) e imagem com seleção de pontos para discussão (à direita).



Na figura 6, o ponto 13 mostra um corte de seção no fêmur, evidenciando uma camada de cartilagem no interior, o que é uma representação equivocada da composição óssea. A região marcada pelo número 14 mostra uma conexão totalmente irrealista entre a patela e a tíbia, que, como já mencionado, é feita pelo ligamento patelar. Por último, a patela (número 15) está em formato incorreto e tamanho desproporcionalmente aumentado, de forma a cobrir os côndilos femorais – o que não corresponde à realidade.

BlueWillow v4

O software BlueWillow oferece uma ampla gama de ferramentas e recursos para criar imagens personalizadas, permitindo aos usuários explorarem diferentes conceitos visuais. Além disso, a plataforma é fácil de usar e acessível diretamente pelo navegador, tornando-a conveniente para uso imediato. Apesar da facilidade, a plataforma impõe limite de créditos para geração de imagens gratuitas, o que pode ser uma desvantagem para usuários que desejam gerar um grande volume de conteúdo gratuitamente ou que dependam da plataforma para uso frequente.

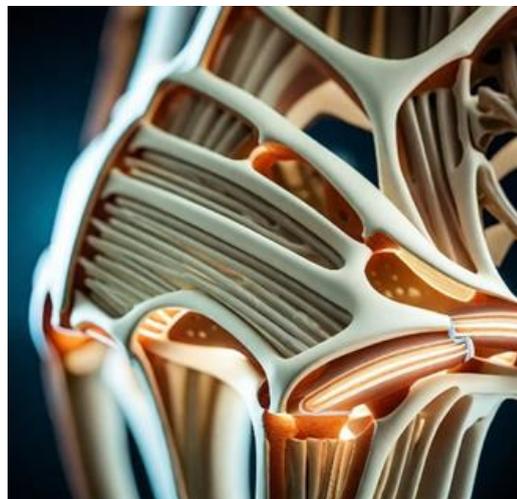
Na plataforma BlueWillow, as imagens foram geradas no tamanho 1024 x 1024, com média qualidade de detalhamento. As figuras 1 e 2 diferem no "*prompt guidance*" – uma métrica da plataforma que torna as imagens mais ou menos parecidas ao *prompt* enviado. A figura 7 possui o "*prompt guidance*" de 10, e a Figura 8, de 15.

As imagens geradas pela plataforma BlueWillow v4 não se aproximaram da veracidade, tornando impossível interpretar as estruturas e comparar regiões específicas com a realidade. Apesar disso, o registro é válido para o entendimento do estágio atual da tecnologia e para comparação das diferentes plataformas.

Figura 7 – Imagem gerada a partir do *prompt* "*Realistic image of the ligaments of a knee dissected for study*" na plataforma BlueWillow v4, com *prompt guidance* de 10.



Figura 8 – Imagem gerada a partir do *prompt* "*Realistic image of the ligaments of a knee dissected for study*" na plataforma BlueWillow v4 com *prompt guidance* de 15.



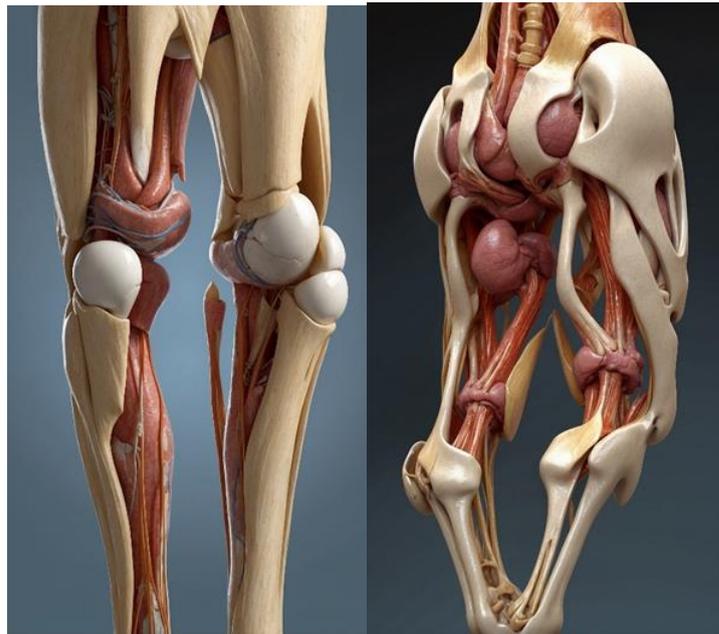
É possível perceber que a plataforma BlueWillow v4 falhou ao interpretar de maneira eficaz o *prompt* de comando enviado – mesmo ao aumentar o nível do *prompt guidance*. Além das imagens não apresentarem os ligamentos pedidos, elas sequer se

aproximaram de uma representação superficial do joelho humano.

Leonardo.Ai

A plataforma Leonardo.Ai é uma escolha popular para usuários que buscam bons resultados estéticos. A ferramenta também oferece diversidade de estilos e temas, permitindo a criação de imagens que atendam a diferentes necessidades e preferências criativas. No entanto, o software também possui uma limitação de créditos para geração de imagens gratuitas. Para o experimento com a ferramenta Leonardo.Ai, as dimensões de *input* escolhidas foram 768 x 1360. O modo de ajuste fino escolhido foi o Leonardo Vision XL.

Figura 9 – Imagens geradas a partir do *prompt* "*Realistic image of the ligaments of a knee dissected for study*" na plataforma Leonardo.Ai.



Embora seja possível entender que as imagens geradas pela plataforma Leonardo.Ai representam os membros inferiores, estes não se apresentam realistas. As imagens falham ao tentar reproduzir as estruturas com veracidade e realismo, combinando uma série de peças que remetem à região estudada, mas que não compõe realmente a estrutura anatômica do corpo humano.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da utilização de inteligência artificial (IA) na geração de imagens

anatômicas parecer promissora à primeira vista, existem várias limitações significativas que comprometem o uso para o aprendizado da anatomia. Embora tenham sido alcançadas imagens aparentemente realistas em textura, em particular pela ferramenta Midjourney, ainda há desafios significativos a serem superados para que as imagens atinjam veracidade, qualidade e realismo necessários para o estudo da disciplina.

A ausência de ligamentos - apesar do pedido explícito no *prompt* - e de detalhes anatômicos precisos evidencia a necessidade de dados de treinamento adequados para que os algoritmos de IA possam ser utilizados no estudo de anatomia. Essa lacuna pode ser solucionada através de esforços colaborativos entre instituições médicas e centros de pesquisa, visando a criação de um banco de dados abrangente e ético para o treinamento eficaz de algoritmos de IA.

Por fim, fica evidente que a supervisão humana ainda é crucial. Os profissionais de saúde devem estar cientes das limitações dessas ferramentas e devem ser capazes de interpretar e corrigir quaisquer erros ou omissões nas imagens geradas. Felizmente, à medida que a tecnologia e as técnicas de treinamento de modelos de IA continuam a evoluir, é possível que futuros estudos possam abordar essas limitações e oferecer soluções mais eficazes, contribuindo assim para a melhoria do ensino e aprendizado da anatomia nas áreas da saúde.

REFERÊNCIAS

1. Costa GBF, Costa GBF, Lins CCCSA. O cadáver no ensino da anatomia humana: uma visão metodológica e bioética. *Rev Bras Educ Med*. 2012;36:369-373.
2. Costa LF, Feijós AGS. Doação de corpos: estudo comparativo luso-brasileiro sobre a utilização do corpo humano para ensino e pesquisa. *Anais do 5º Salão de Iniciação Científica*; 2009. Porto Alegre: EDIPUCRS; 2009.
3. Braz PRP. Método didático aplicado ao ensino da anatomia humana. *Anuário da produção acadêmica docente*. 2009;3(4):303-310.
4. Ferreira TA. Estudo de neurofisiologia associados com modelos tridimensionais construídos durante o aprendizado. *Biosci J*. 2008;24(1):98-103.
5. Cyrino EG, Toralles-Pereira ML. Trabalhando com estratégias de ensino-aprendizado por descoberta na área da saúde: a problematização e a aprendizagem baseada em problemas.

- Cad Saúde Pública. 2004;20(3):780-8.
6. Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., ... & Bengio, Y. (2014). Generative adversarial nets. *Advances in neural information processing systems*, 27.
 7. Chuquicusma, M. J., Hussein, S., Burt, J., & Bagci, U. (2018, April). How to fool radiologists with generative adversarial networks? A visual turing test for lung cancer diagnosis. In *2018 IEEE 15th international symposium on biomedical imaging (ISBI 2018)* (pp. 240-244). IEEE.
 8. Frid-Adar, M., Klang, E., Amitai, M., Goldberger, J., & Greenspan, H. (2018, April). Synthetic data augmentation using GAN for improved liver lesion classification. In *2018 IEEE 15th international symposium on biomedical imaging (ISBI 2018)* (pp. 289-293). IEEE.
 9. Chung, M. K., Luo, Z., Leow, A. D., Alexander, A. L., Davidson, R. J., & Hill Goldsmith, H. (2018). Exact combinatorial inference for brain images. In *Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention–MICCAI 2018: 21st International Conference, Granada, Spain, September 16-20, 2018, Proceedings, Part I* (pp. 629-637). Springer International Publishing.
 10. Nie, D., Trullo, R., Lian, J., Petitjean, C., Ruan, S., Wang, Q., & Shen, D. (2017). Medical image synthesis with context-aware generative adversarial networks. In *Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention– MICCAI 2017: 20th International Conference, Quebec City, QC, Canada, September 11-13, 2017, Proceedings, Part III 20* (pp. 417-425). Springer International Publishing.
 11. Ho, J., Jain, A., & Abbeel, P. (2020). Denoising diffusion probabilistic models. *Advances in neural information processing systems*, 33, 6840-6851.
 12. Ramesh, A., Pavlov, M., Goh, G., Gray, S., Voss, C., Radford, A., ... & Sutskever, I. (2021, July). Zero-shot text-to-image generation. In *International conference on machine learning* (pp. 8821-8831). Pmlr.
 13. Kingma, D. P. (2013). Auto-encoding variational bayes. *arXiv preprint arXiv:1312.6114*.
 14. Baumgartner, C. F., Koch, L. M., Tezcan, K. C., Ang, J. X., & Konukoglu, E. (2018). Visual feature attribution using wasserstein gans. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 8309-8319).
 15. Schneider WFH, Mangan PKV. Explorando Potencialidades e Limitações de Inteligências Artificiais Generativas no Desenvolvimento de jogos: usando Chatgpt e Midjourney para construir um jogo 2D. *Diálogos e Perspectivas Interventivas (DIAPI)*. 2023;4:e19457-e19457.
 16. Yildirim, Erdem. Comparative analysis of Leonardo AI, Midjourney, and Dall-E: AI's perspective on future cities. *Urbanizm: Journal of Urban Planning & Sustainable*



Development. 2023;(28).

17. Lim, Bryan et al. Using generative artificial intelligence tools in cosmetic surgery: a study on rhinoplasty, facelifts, and blepharoplasty procedures. *Journal of Clinical Medicine*. 2023;12(20):6524.
18. Rohen JW, Yokochi C, Lütjen-Drecoll E. *Color atlas of anatomy: a photographic study of the human body*. Schattauer Verlag; 2006.
19. Frank H, Netter MD. *Atlas of human anatomy*. Elsevier Inc.; 2019.