ALGORITMOS DE APRENDIZADO DE MÁQUINA E VISÃO COMPUTACIONAL NO ENSINO DE HISTOLOGIA: REVISÃO INTEGRATIVA DE APLICAÇÕES E PERSPECTIVAS

MACHINE LEARNING AND COMPUTER VISION ALGORITHMS IN HISTOLOGY TEACHING: INTEGRATIVE REVIEW OF APPLICATIONS AND PERSPECTIVES

Letícia Nobre Santana[1], Maria Beatriz Alencar Bezerra Jucá Cavalcante[1], Lílian Laudirege Bida de Oliveira Fernandes Ferro[1], Laura Santos de Oliveira Monte[1], Sabrina Gomes de Oliveira[2].

1. Acadêmico do curso de Medicina Afya Centro Universitário de Maceió;
2. Docente do curso de Medicina Afya Centro Universitário de Maceió. sabrina.gomes@afya.com.br

Eixo Temático: Tecnologia e Inovação

RESUMO

Introdução: O ensino de Histologia utiliza tradicionalmente a microscopia óptica e a interpretação de lâminas. No entanto, a expansão da microscopia digital, associada à Inteligência Artificial (IA), ao aprendizado de máquinas e à visibilidade digital, amplia as possibilidades de análise de imagens e de aplicação nessa perspectiva futurista no ensino. **Objetivo:** Analisar aplicações de aprendizado de máquina e visão computacional na Histologia, considerando aspectos técnicos, educacionais e perspectivas para a formação médica. **Método:** Revisão integrativa, descritiva e analítica, realizada na PubMed/Medline e Web Of Science, com estudos publicados entre 2018 e 2026. Foram utilizados termos relacionados à IA, aprendizado de máquina, visão computacional, histologia, patologia digital, microscopia e educação médica, combinados por operadores booleanos. A seleção foi organizada conforme etapas adaptadas do PRISMA. **Resultados:** Treze estudos foram organizados em três eixos: aplicação de *deep learning* e visão computacional na análise histológica, microscopia digital e percepção estudantil e implicações educacionais da IA. Os achados demonstraram elevado potencial para segmentação celular, análise de imagens e classificação morfológica. Assim, observou-se maior prevalência em estudantes com relatos positivos, no ensino, maior facilidade de compreensão e otimização do tempo de

estudo, embora sejam escassos estudos sobre resultados objetivos de aprendizagem. **Conclusão:** O aprendizado de máquina e a visão computacional é de extremo acréscimo ao estudo de Histologia, ao ocasionar um grande impacto ao conhecimento técnico-científico. Embora, as evidências exijam estudos prospectivos sobre aprendizagem, retenção, raciocínio morfológico e integração curricular.

Palavras-chave: Inteligência Artificial. Histologia. Educação Médica. Visão Computacional. Aprendizado de Máquina.

ABSTRACT

Introduction: Introduction: Histology teaching traditionally uses optical microscopy and slide interpretation. However, the expansion of digital microscopy, associated with Artificial Intelligence (AI), machine learning, and digital visualization, broadens the possibilities for image analysis and its application within this future-oriented perspective in education. **Objective:** To analyze applications of machine learning and computer vision in Histology, considering technical and educational aspects and perspectives for medical training. **Method:** An integrative, descriptive, and analytical review was conducted using PubMed/MEDLINE and Web of Science, including studies published between 2018 and 2026. Terms related to AI, machine learning, computer vision, Histology, digital pathology, microscopy, and medical education were combined using Boolean operators. The selection process was organized according to adapted PRISMA steps. **Results:** Thirteen studies were organized into three areas: the application of deep learning and computer vision in histological analysis, digital microscopy and student perceptions, and the educational implications of AI. The findings demonstrated high potential for cell segmentation, image analysis, and morphological classification. Positive reports were more prevalent among students, including greater ease of understanding and optimization of study time, although studies evaluating objective learning outcomes remain scarce. **Conclusion:** Machine learning and computer vision provide substantial contributions to the study of Histology by promoting significant advances in technical and scientific knowledge. However, the available evidence still requires prospective studies addressing learning, retention, morphological reasoning, and curricular integration.

Keywords: Artificial Intelligence. Histology. Medical Education. Computer Vision. Machine Learning.

INTRODUÇÃO

A histologia e a patologia são fundamentais na formação em saúde, exigindo habilidades de reconhecimento visual e correlação clínico-patológica.[1,2] De forma tradicional, seu ensino utiliza a microscopia óptica (MO), entretanto, a microscopia e a patologia digitais ampliaram o acesso e as possibilidades de análise de imagens histológicas.[3–6]

Nesse contexto, o *Machine Learning* (ML), incluindo redes neurais convolucionais (CNNs) e modelos de visão computacional- algoritmos de aprendizado profundo, especializados em reconhecer padrões em dados estruturados, vêm sendo aplicados à análise de imagens digitais,

o que possibilita a segmentação celular, a classificação e a inferência de informações moleculares.[9–13]

Essas tecnologias também podem ampliar o acesso a análises especializadas e favorecer a avaliação remota, embora apresentem desafios relacionados à validação, vieses e confiabilidade.[7,8] O objetivo do presente estudo foi de analisar as aplicações algorítmicas de aprendizado no ensino de histologia**.**

MÉTODO

Trata-se de uma revisão integrativa, de caráter descritivo e analítico, com objetivo de analisar o uso de Inteligência Artificial e de tecnologias digitais na Histologia e no ensino, com ênfase em suas perspectivas futuras. A busca foi realizada em agosto de 2026, nas bases PubMed/MEDLINE e Web of Science, incluindo estudos publicados entre 2018 e 2026 utilizando descritores MeSH (histology, histopathology, microscopy, virtual, education, teaching, artificial intelligence, machine learning, deep learning e computer vision) bem como palavras-chave combinadas pelos operadores booleanos AND e OR. Foram excluídos estudos duplicados, sem relação com o tema ou exclusivamente clínicos.

A seleção ocorreu por meio da leitura dos títulos, resumos e textos completos, seguindo etapas adaptadas das recomendações do PRISMA. Após a aplicação dos critérios de elegibilidade, 13 artigos foram incluídos na revisão e submetidos à análise. Os dados foram organizados em quadro analítico para síntese dos achados.

RESULTADOS

Foram incluídos 13 estudos, publicados entre 2018 e 2026, organizados em três eixos: análise histológica, patologia digital e ensino de Histologia. Na análise histológica, Xu et al.[10], Thiesen et al.[11], Srinivasan et al.[12] e Wang et al.[13] utilizaram modelos de IA, Prov-Giga Path, UNI e CONCH, Interferência de RNA Virtual (VRI) e TASCAN, respectivamente, para análise de lâminas, classificação de tumores, inferência molecular e segmentação celular, com resultados como AUC de 0,969 e acurácia de até 95,6%, o que mostra o grande benefício que é o uso de IAs na análise de lâminas histopatológicas. Ainda, Kuntz et al.[9], com o uso de uma rede neural convolucional (CNN) privada, também observaram alto potencial para classificação e prognóstico, apesar de ainda precisar de validação externa.

Na patologia digital, Katz et al.[8] demonstraram redução de 15,8% no tempo de liberação de resultados com microscopia digital remota. Von Bahr et al.[7] destacaram o uso de microscópios digitais portáteis associados à IA para diagnóstico remoto na atenção primária, enquanto Aeffner et al.[4] apontaram vantagens no armazenamento, compartilhamento e análise de lâminas. Shi et al.[5] e Bertram et al.[6] , porém, reforçaram a necessidade de validação e controle de vieses, ou seja, a microscopia digital associada à IA se torna uma ferramenta de grande potencial para agilizar e facilitar os diagnósticos baseados em lâminas histológicas.

No ensino, Rani et al.[1] e Sami et al.[2] mostraram percepção favorável ao uso de IA, sendo que 80,3% dos estudantes apoiaram seu uso e 65,7% relataram melhor compreensão dos conteúdos. Em contrapartida, apenas 12,04% desses estudantes estavam familiarizados com o uso dessas ferramentas no ensino, como ChatGPT, Meta AI e Google Gemini, além disso, 59% dos estudantes acreditam que métodos tradicionais estão se tornando ultrapassados, o que reforça ainda mais a necessidade da educação continuada dos professores para integrar as IAs nas salas de aula.

CONCLUSÃO

A análise dos 13 estudos (2018–2026) evidencia o impacto positivamente evolutivo da inteligência artificial e da microscopia digital na histologia. Na prática diagnóstica, esses dois agentes otimizam a precisão analítica, alcançando acurácia superior a 95% na classificação tumoral e redução de 15,8% no tempo de emissão de laudos. Já no ensino, ainda que haja forte receptividade discente e percepção de ganho no aprendizado, é necessário, de forma urgente, a capacitação docente para sua integração pedagógica, visto que existe um baixo domínio prático dessas ferramentas. Sendo assim, a IA e a patologia digital são indispensáveis para modernizar o diagnóstico e a educação histológica. Contudo, sua consolidação depende da validação externa contínua dos algoritmos, do controle de vieses e da atualização curricular acadêmica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rani S, Kumari A, Ekka SC, Chakraborty R. Perception of medical students and faculty regarding the use of artificial intelligence (AI) in medical education: a cross-sectional study. Cureus. 2025;17(1):e77514. doi: 10.7759/cureus.77514.
2. Sami A, Tanveer F, Sajwani K, Kiran N, Javed MA, Ozsahin DU, et al. Medical students' attitudes toward AI in education: perception, effectiveness, and its credibility. BMC Med Educ. 2025;25(1):82. doi: 10.1186/s12909-025-06704-y.
3. Morrison D, Harris-Birtill D, Caie PD. Generative deep learning in digital pathology workflows. Am J Pathol. 2021;191(10):1717-1723. doi: 10.1016/j.ajpath.2021.02.024.
4. Aeffner F, Adissu HA, Boyle MC, Cardiff RD, Hagendorn E, Hoenerhoff MJ, et al. Digital microscopy, image analysis, and virtual slide repository. ILAR J. 2018;59(1):66-79. doi: 10.1093/ilar/ily007.
5. Shi W, Georgiou P, Akram A, Proute MC, Serhiyenia T, Kerolos ME, et al. Diagnostic pitfalls of digital microscopy versus light microscopy in gastrointestinal pathology: a systematic review. Cureus. 2021;13(8):e17116. doi: 10.7759/cureus.17116.
6. Bertram CA, Stathonikos N, Donovan TA, Bartel A, Fuchs-Baumgartinger A, Lipnik K, et al. Validation of digital microscopy: review of validation methods and sources of bias. Vet Pathol. 2022;59(1):26-38. doi: 10.1177/03009858211040476.
7. von Bahr J, Diwan V, Mårtensson A, Linder N, Lundin J. AI-supported digital microscopy diagnostics in primary health care laboratories: protocol for a scoping review. JMIR Res Protoc. 2024;13:e58149. doi: 10.2196/58149.
8. Katz BZ, Benisty D, Sayegh Y, Lamm I, Avivi I. Remote digital microscopy improves hematology laboratory workflow by reducing peripheral blood smear analysis turnaround time. Appl Clin Inform. 2022;13(5):1108-1115. doi: 10.1055/a-1957-6219.
9. Kuntz S, Krieghoff-Henning E, Kather JN, Jutzi T, Höhn J, Kiehl L, et al. Gastrointestinal cancer classification and prognostication from histology using deep learning: systematic review. Eur J Cancer. 2021;155:200-215. doi: 10.1016/j.ejca.2021.07.012.
10. Xu H, Usuyama N, Bagga J, Zhang S, Rao R, Naumann T, et al. A whole-slide foundation model for digital pathology from real-world data. Nature. 2024;630(8015):181-188. doi: 10.1038/s41586-024-07441-w.

11. Thiesen AH, Domanskyi S, Foroughi Pour A, Zhang J, Sheridan TB, Neuhauser SB, et al. Multicenter histology image integration and multiscale deep learning support machine learning-enabled pediatric sarcoma classification. Cancer Res. 2026;86(7):1797-1810. doi: 10.1158/0008-5472.CAN-25-2275.
12. Srinivasan G, Le MK, Azher Z, Liu X, Vaickus L, Kaur H, et al. Histology-based virtual RNA inference identifies pathways associated with metastasis risk in colorectal cancer. Mod Pathol. 2025;38(11):100866. doi: 10.1016/j.modpat.2025.100866.
13. Wang A, Zhang Q, Han Y, Megason S, Hormoz S, Mosaliganti KR, et al. A novel deep learning-based 3D cell segmentation framework for future image-based disease detection. Sci Rep. 2022;12(1):342. doi: 10.1038/s41598-021-04048-3.