



## **APLICAÇÕES DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM LABORATÓRIOS DE ANÁLISES CLÍNICAS: VANTAGENS, DESVANTAGENS E IMPLICAÇÕES ÉTICAS**

### **APPLICATIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN CLINICAL LABORATORIES: ADVANTAGES, DISADVANTAGES, AND ETHICAL IMPLICATIONS**

*Julia Nicacio de Amorim<sup>1</sup>  
Cleverson Antônio Ferreira Martins<sup>2</sup>*

#### **Resumo**

Inteligência artificial (IA) está surgindo como uma ferramenta promissora nos laboratórios de análises clínicas, tendo assim potencial para aprimorar a eficiência e a precisão dos exames. O objetivo deste trabalho é explorar o uso da IA nos laboratórios, avaliando suas vantagens, desvantagens, tecnologias e implicações éticas. Assim, foi realizada uma revisão bibliográfica com artigos científicos coletados de diversas bases de dados, focando em publicações recentes. A discussão aborda os conceitos fundamentais de IA incluindo machine learning (ML) e deep learning (DL), e analisa como essas tecnologias estão sendo aplicadas nos laboratórios de análises clínicas. A IA promete melhorar a precisão dos diagnósticos, reduzir custos e otimizar o tempo ao automatizar tarefas e analisar grandes volumes de dados com maior rapidez e precisão. No entanto, a implementação da IA também levanta desafios, como questões éticas relacionadas à privacidade dos dados, transparência nas decisões automatizadas e a possibilidade de superestimar os benefícios da tecnologia. Portanto, embora a IA ofereça avanços substanciais, é crucial adotar uma abordagem crítica e cuidadosa, garantindo que sua aplicação seja acompanhada por uma vigilância ética rigorosa e adaptação às realidades práticas. Assim, a tecnologia pode ser implementada de maneira segura e responsável, maximizando seus benefícios e minimizando potenciais riscos e limitações.

*Palavras-chave:* Inteligência-artificial. Análises-clínicas. Aprendizado-de-máquina. Aprendizagem-profunda.

#### **Abstract**

Artificial Intelligence (AI) is emerging as a promising tool in clinical laboratories, with the potential to enhance the efficiency and accuracy of tests. The aim of this study is to explore the use of AI in laboratories, evaluating its advantages, disadvantages, technologies, and ethical implications. In this way, a literature review was conducted with scientific articles collected from various databases, focusing on recent publications. The discussion addresses the fundamental concepts of AI, including machine learning (ML) and deep learning (DL), and analyzes how these technologies are being applied in clinical laboratories. AI promises to improve diagnostic accuracy, reduce costs, and optimize time by automating tasks and analyzing large volumes of data more quickly and accurately. However, the implementation of AI also raises challenges, such as ethical issues related to data privacy, transparency in automated decisions, and the possibility of overestimating the technology's benefits. Therefore, although AI offers substantial advancements, it is crucial to adopt a critical and cautious approach, ensuring that its application is accompanied by rigorous ethical oversight and adaptation to practical realities. In this way, the technology can be implemented safely and responsibly, maximizing its benefits while minimizing potential risks and limitations.

*Keywords:* Artificial intelligence. Clinical analysis. Machine learning. Deep learning.

1 Acadêmica do curso de Biomedicina da Universidade Tuiuti do Paraná (Curitiba, PR). Endereço para correspondência: juna392003@gmail.com

2 Docente do curso de Biomedicina da Universidade Tuiuti do Paraná (Curitiba, PR). Endereço para correspondência: cleveson.martins@utp.br



## 1 Introdução

A inteligência artificial (IA) tem como objetivo imitar o funcionamento da mente humana em sistemas computacionais complexos (LOBO, 2018). Dentro dos laboratórios de análises clínicas, a IA pode representar o futuro dos exames, já que possui a capacidade de resolver e identificar problemas complexos. Neste contexto pode ser utilizada de maneira sinérgica com profissionais, possibilitando uma análise mais eficiente das amostras e obtenção de resultados mais precisos (ALOWAIS et al., 2023).

Com a interação sinérgica entre analista e máquina, surge o questionamento acerca da utilização da IA nos laboratórios, onde se especula a significativa melhoria da análise de amostras clínicas, redução de erros e maior segurança na liberação de resultados. Neste cenário, é importante compreender quais setores a IA se encaixa e sua viabilidade financeira (MALIK et al., 2021).

Atualmente, a sociedade faz uso significativo de serviços de saúde. Entre eles, as análises clínicas, uma das mais requisitadas pelos médicos, colaborando com o diagnóstico inicial, estado de evolução ou monitorando pacientes já enfermos. Sabendo dessa alta demanda nos laboratórios, a utilização de IA é estratégica e necessária, já que essa tecnologia possui capacidade de processar grandes volumes de dados de forma rápida e precisa, possibilitando melhorar significativamente a qualidade, agilidade e segurança dos serviços ofertados pelos laboratórios. Assim, investigar o uso da IA e seus benefícios, dentro dos setores laboratoriais, é de extrema importância, pois a discussão acerca deste assunto pode promover avanços significativos na prática clínica e na qualidade de serviços de saúde (RÖSLER et al., 2023).

O objetivo deste trabalho é descrever o panorama do uso da inteligência artificial dentro dos laboratórios de análises clínicas, tal qual avaliar seu uso, vantagens e desvantagens, tecnologias, perspectivas futuras do biomédico sobre a IA e sua implicação ética.

## 2 Metodologia

Este trabalho foi elaborado com base em uma revisão bibliográfica acerca da inteligência artificial e laboratórios de análises clínicas. Foram utilizados artigos científicos coletados em diversas bases de dados, como Scielo, PubMed, Elsevier e Google acadêmico. A busca pelo tema foi realizada utilizando palavras chaves como “inteligência-artificial”, “análises-clínicas”, “aprendizado-de-máquina” “aprendizagem-profunda”. Foram selecionados artigos originais em inglês, português e espanhol, com data de publicação a partir de 2015, excluindo-se trabalhos fora desse período. A pesquisa teve início em agosto e foi concluída em novembro de 2024.



## 3 Discussão

### 3.1 Conceitos de Inteligência

Para ser capaz de atingir uma compreensão fundamental sobre o campo da Inteligência Artificial, torna-se necessário compreender as distinções e correlações básicas entre alguns termos e conceitos inerentes ao assunto (JANIESCH, ZSCHECH, HEINRICH, 2021).

Inteligência Artificial (IA) tem como objetivo desenvolver sistemas que copiam as capacidades humanas para compreender e solucionar problemas. Estes sistemas operam através de métodos que utilizam algoritmos, dados e estratégias de tomada de decisão para serem capazes de realizar tarefas complexas sem interação direta com humanos. Analisar padrões estatísticos, reconhecer imagens, transcrever linguagem falada, ser capaz de compreender conceitos complexos e se auto aperfeiçoar (self learning), além de possuir alta capacidade de processamento de dados brutos são algumas das competências que modelos de IA são capazes de atingir (LOBO, 2018).

Considerado subcampo da Inteligência Artificial, Machine Learning (ML), ou Aprendizado de Máquina (AM), refere-se a modelos de aprendizado baseados em sistemas de análise de dados que tornam a máquina capaz de aprender sem a necessidade de feedback humano. Estes modelos aprendem e se adaptam a partir de sua própria experiência. Para isso, são utilizados métodos de análise estatística que desempenham na identificação de padrões nos dados fornecidos e na obtenção de conclusões relevantes (PETTIT *et al.*, 2021).

Deep Learning (DL), ou Aprendizagem Profunda (AP), é um modelo de aprendizagem que se baseia na arquitetura das Redes Neurais, caracterizado pela presença de múltiplas camadas e parâmetros. Devido à sua complexidade estrutural, modelos de DL possuem maior poder de processamento em comparação aos usuais modelos de Machine Learning, são capazes de lidar com volumes maiores de dados e analisá-los a níveis mais complexos e abstratos (TAYE, 2023).

Diversos modelos de Deep Learning surgiram nos últimos anos. Redes Neurais Convolucionais (RNC), Redes Neurais Recorrentes (RNR), Deep Belief Networks (DBNs), stacks of Restricted Boltzmann Machines (RBMs), entre outros modelos, são exemplos dos mais utilizados em diversos campos como reconhecimento de imagem, análise de vídeo e áudio e processamento natural de fala e escrita (CAO *et al.*, 2018).

### 3.2 Inteligência Artificial nos Laboratórios de Análises Clínicas

Os laboratórios de análises clínicas (LAC), são empresas que prestam serviços de saúde de grande responsabilidade social e sanitária. Essas empresas ofertam serviços diagnósticos, que devem possuir resultados confiáveis e seguros ao cliente (SOUZA *et al.*, 2020). Os LAC contribuem



na tomada de decisão clínica a partir de evidências encontradas nos exames laboratoriais, que devem ser feitos com eficiência, segurança e eficácia, visando o melhor tratamento ao cliente (DIAS, BARQUETTE, BELLO, 2017).

### 3.2.1 Vantagens

Em comparação com métodos tradicionais de análises clínicas, a aplicação de inteligência artificial permite melhorar a precisão, reduzir custos e economizar tempo ao diagnosticar, prever e classificar doenças. Além disso, a IA reduz o risco de erros humanos, proporciona resultados mais rápidos e precisos, apoia na tomada de decisões, gerencia fluxos de trabalho e automatiza tarefas de forma econômica e eficiente (ALOWAIS et al., 2023).

Segundo Rösler et al., (2023), os benefícios diretos tanto para pacientes quanto para profissionais de saúde são evidentes nas três principais áreas de utilização da IA na biomedicina: cuidados clínicos individualizados, pesquisa e educação. A partir de dados clínicos, a pesquisa com IA pode extrair novos conhecimentos científicos, como identificar novas entidades de doenças ou mecanismos patológicos.

Pesquisadores ao redor do mundo estão utilizando tecnologias de IA com sucesso, atingindo resultados promissores com análise de imagens médicas. No diagnóstico laboratorial da doença de Chagas aguda, esses algoritmos têm mostrado grande potencial ao automatizar a busca e detecção de parasitas, como o *Trypanosoma cruzi*. Além disso, essas tecnologias estão sendo utilizadas para identificar outros parasitas presentes no sangue, expandindo sua aplicação no campo da medicina e parasitologia (RAJARAMAN et al., 2018).

Conforme Chielle et al., (2020), no caso das análises de parasitárias, que afetam especialmente populações em situação de vulnerabilidade social, o diagnóstico tradicional ainda é baseado na observação microscópica individual de amostras, o que torna o processo lento e menos eficiente. A IA, por outro lado, oferece a possibilidade de automatizar e acelerar esse diagnóstico, melhorando a precisão e agilidade dos resultados para os profissionais de saúde. Neste caso, um sistema estruturado com IA atingiu resultados satisfatórios e promissores na análise de parasitas intestinais, apresentando alta sensibilidade e especificidade. Em contextos de saúde pública, a rapidez no diagnóstico é essencial para o tratamento adequado e a prevenção de complicações associadas.

É inegável que as inteligências artificiais também possuem um enorme potencial para auxiliar nos diagnósticos hematológicos. Elas são capazes de oferecer diversos benefícios, como redução do tempo de resposta e melhoria da consistência nos resultados dos pacientes. Além disso, em atividades como a contagem de tipos de células em esfregaços de sangue periférico (PBS), é possível desenvolver modelos de automação que aumentem a eficácia dessas tarefas e reduzam a carga de trabalho dos profissionais (SRISUWANANUKORN, SALAMA, PEARSON, 2023). No entanto, seu uso ainda é limitado, pois há poucos dispositivos aprovados pela Food and Drug Administration (FDA) disponíveis no mercado (GEDEFWAW et al., 2023).



## 3.2.2 Desvantagens e implicações éticas

De acordo com Walter et al., (2023), embora a inteligência artificial (IA) tenha potencial para trazer benefícios significativos aos laboratórios de análises clínicas, é fundamental considerar as implicações éticas da implementação de machine learning (ML) nesse campo. Preocupações surgem com mudanças nas relações de paciente-médico, tomadas de decisões assistidas por modelos de machine learning e questões de privacidade dos pacientes. Outro ponto é a possibilidade de métodos baseados em ML serem utilizados de forma antiética, priorizando lucro ou métricas de qualidade em detrimento do cuidado ao paciente.

De maneira geral, podemos citar alguns princípios éticos que devem orientar a implementação de IA na área da saúde, incluindo os LACs. Entre eles está a proteção da autonomia humana, garantindo que os seres humanos mantenham o controle sob as decisões médicas. Além disso, é essencial que essas tecnologias cumpram com os requisitos de segurança, precisão e eficácia para promover o bem-estar humano, a segurança e o interesse público. Devendo garantir a transparência, explicabilidade e inteligibilidade para que a IA seja compreensível a todos que vão fazer sua utilização. Outro ponto crucial é atender a diversas populações e contextos, garantindo a inclusão e a equidade no desenvolvimento da IA. Por fim, é importante promover a responsabilidade e sustentabilidade desses sistemas, garantindo que a tecnologia se adapte e seja viável a longo prazo (WHO, 2021).

Segundo Malik et al., (2021), para evitar potenciais consequências negativas para os pacientes, é essencial que os profissionais biomédicos compreendam os algoritmos de tomada de decisão ao implementar sistemas de IA, devido à complexidade envolvida.

Outra preocupação que surge é a de superestimar os benefícios da IA, pois isso pode desviar recursos essenciais que seriam necessários para fortalecer investimentos e estratégias fundamentais na ampliação da cobertura de saúde. O uso antiético de dados de saúde, preconceitos incorporados nos algoritmos e ameaças à segurança do paciente, cibersegurança e ao meio ambiente são exemplos dos riscos inerentes à essa tecnologia. Além disso, sistemas treinados com dados de países ricos podem não ser eficazes em contextos de baixa e média renda (WHO, 2021).

De acordo com Filho et al., (2020), um dos principais riscos é a falta de transparência na tomada de decisões, especialmente quando a IA opera como uma “caixa preta”, onde o raciocínio por trás dos resultados não pode ser totalmente compreendido. Apesar das pesquisas em andamento para encontrar soluções, atualmente muitos dos especialistas responsáveis pelo desenvolvimento dessa tecnologia ainda não conseguem explicar completamente o funcionamento desses sistemas, gerando preocupações sobre a confiabilidade e a segurança das decisões automatizadas no contexto da saúde.

Embora essa tecnologia tenha um grande potencial, é evidente que, por se tratar de um sistema, ela também está sujeita a erros. Durante um experimento de identificação de



*Trypanosoma cruzi* em sangue periférico, foram identificados problemas no reconhecimento dos parasitas presentes. Em regiões de leucócitos ou alta densidade de hemácias, as imagens ficaram superexpostas, dificultando a classificação pelo algoritmo. Além disso, houve um notório problema com a taxa de falsos negativos. Parasitas localizados em regiões de baixo contraste ou baixa nitidez (frequentemente encontrados nas bordas do campo de visão) não foram detectados pelo algoritmo (MORAIS et al., 2022).

## Conclusão

Em conclusão, apesar do potencial transformador da inteligência artificial (IA) para os laboratórios de análises clínicas, prometendo avanços significativos na precisão, eficiência e redução de custos dos diagnósticos, é fundamental reconhecer e enfrentar suas limitações e os desafios éticos. A IA oferece a promessa de revolucionar o setor ao automatizar processos complexos e analisar grandes volumes de dados com rapidez e precisão, trazendo benefícios para pacientes e profissionais de saúde.

Logo, profissionais como biomédicos, devem estar devidamente capacitados, necessitando de um treinamento ou ensino já incluído na grade curricular da graduação, acerca de tecnologias emergentes, mas principalmente da inteligência artificial seu uso e funcionamento. Pois essa é a ferramenta do futuro e iremos conviver com ela durante a rotina laboratorial.

Contudo, sua implementação não está isenta de dificuldades, como a falta de transparência nas decisões automatizadas e a possibilidade de preconceitos nos modelos de dados. Além disso, questões cruciais como a privacidade dos dados dos pacientes e as implicações éticas do uso da IA exigem uma consideração cuidadosa para prevenir abusos e garantir equidade no atendimento. Embora a tecnologia esteja em constante evolução, é essencial adotar uma abordagem crítica e cautelosa, reconhecendo que a IA, apesar de seus avanços, ainda pode apresentar erros e limitações. Portanto, a adoção da IA deve ser acompanhada por uma vigilância ética rigorosa e uma adaptação contínua às realidades práticas e contextuais, para que seus benefícios sejam realizados de maneira segura e responsável.

## Referências

ALOWAIS, S. A.; ALGHAMDI, S. S.; ALSUHEBANY, N.; ALQAHTANI, T.; ALSHAYA, A. I.; ALMOHAREB, S. N.; ALDAIREM, A.; ALRASHED, M.; SALEH, K. B.; BADRELDIN, H. A.; YAMI, M. S. A.; HARBI, S. A. e ALBEKAIRY, A. M. Revolutionizing healthcare: the role of artificial intelligence in clinical practice. *BMC Medical Education*, v. 23, n. 689, p. 2-15, 2023.

ARAGÃO, D. P. e ARAUJO, R. M. L. Orientação ao paciente antes da realização de exames laboratoriais. *Revista Brasileira de Análises Clínicas*, v. 51, n. 2, p. 98-102, 2019.

BOECHAT, N. G. e MENEZES, P. A fase pré-analítica na gestão da qualidade em medicina laboratorial: uma breve revisão. *Revista Brasileira de Análises Clínicas*, v. 53, n. 4, p. 337-343, 2021.



CAO, C.; LIU, F.; TAN, H.; SONG, D.; SHU, W.; LI, W.; ZHOU, Y.; BO, X. e XIE, Z. et al. Deep Learning and Its Applications in Biomedicine. *Genomics, Proteomics & Bioinformatics*, v. 16, n. 1, p. 17–32, 2018.

CHIELLE, E. O.; KUIAVA, E. L.; FAUST, G. A.; CHIELLE, A. P. O.; KUIAVA, V. A. e ALVES, R. J. F. Desenvolvimento de sistema estruturado com inteligência artificial para apoio no diagnóstico de parasitoses intestinais. *Clinical and Biomedical Research*, v. 40, n. 3, p. 148-153, 2020.

CHOI, R. Y.; COYNER, A. S.; CRAMER, J. K.; CHIANG, M. F. e CAMPBELL, J. P. Introduction to Machine Learning, Neural Networks, and Deep Learning. *Translational Vision Science & Technology*, v. 9, n. 2, p. 14-14, 2020.

DIAS, V. S.; BARQUETTE, F. R. S. e BELLO, A. R. Padronização da qualidade: alinhando melhorias contínuas nos laboratórios de análises clínicas. *Revista Brasileira de Análises Clínicas*, v. 49, n. 2, p.167-169, 2017.

FILHO, E. M. S.; FERNANDES, F. A.; PEREIRA, N. C. A.; MESQUITA, C. T. e GISMONDI, R. A. Ética, Inteligência Artificial e Cardiologia. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 115, n. 3, p. 579-583, 2020.

GEDEFWAW, L.; LIU, C. F.; IP, R. K. L.; TSE, H. F.; YEUNG, M. H. Y.; YIP, S. P. e HUANG, C. L. Artificial Intelligence-Assisted Diagnostic Cytology and Genomic Testing for Hematologic Disorders. *Cells*, v. 12, n. 13, p. 1755-1755, 2023.

GREGÓRIO, P. C.; BOVO F.; FURMAN, A. E. F. F.; GRISBACH, C.; HAUSER, A. B. e HENNEBERG, R. View of the importance of morphological analysis for the diagnosis of hematological diseases: a case report. *Research, Society and Development*, v. 12, n. 6, p. 1-8, 2023.

JANIESCH, C.; ZSCHECH, P. e HEINRICH, K. Machine learning and deep learning. *Electron Markets*, v. 31, p. 685-695, 2021.

LAVOR, L. C. H.; AMORIM, S. I. F.; GOMES, C. A. e NETO, P. F. T. Atuação do profissional farmacêutico no laboratório de análises clínicas: atribuições e desafios. *Journal of Multidisciplinary Sustainability and Innovation*, v. 1, n. 1, p. 37-42, 2023.

LOBO, L. C. Inteligência artificial, o Futuro da Medicina e a Educação Médica. *Revista Brasileira de Educação Médica*, v. 42, n. 3, p. 3-8, 2018.

LUDERMIR, T. B. Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina: estado atual e tendências. *Estudos Avançados*, v. 35, n. 101, p. 85-94, 2021.

MALIK, A.; PATEL, P.; EHSAN, L.; GULERIA, S.; HARTKA, T.; ADEWOLE, S. e SYED, S. Ten simple rules for engaging with artificial intelligence in biomedicine. *PLOS Computational Biology*, v. 17, n. 2, p. 1-11, 2021.

MORAIS, M. C. C.; SILVA, D.; MILAGRE, M. M.; OLIVEIRA, M. T.; PEREIRA, T.; SILVA, J. S.; COSTA, L. F.; MINOPRIO, P.; JUNIOR, R. M. C.; GAZZINELLI, R.; LANA, M. e NAKAYA, H. Automatic detection of the parasite *Trypanosoma cruzi* in blood smears using a machine learning approach applied to mobile phone images. *PeerJ*, v. 10, n. 13470, p. 1-19, 2022.

OBSTFELD, A. E. Hematology and Machine Learning. *The Journal of Applied Laboratory Medicine*, v. 8, n. 1, p. 129-144, 2023.

PARK, S. J.; YOON, J.; KWON, J. A. e YOON, S. Y. Evaluation of the CellaVision Advanced RBC Application for Detecting Red Blood Cell Morphological Abnormalities. *Annals of Laboratory Medicine*, v. 41, n. 1, p. 44-50, 2021.

PETTIT, R. W.; FULLEM, R.; CHENG, C. e AMOS, C. Artificial intelligence, machine learning, and deep learning for clinical outcome prediction. *Emerging Topics in Life Sciences*, v. 5, n. 6, p. 729-745, 2021.

RAJARAMAN, S.; ANTANI, S. K.; POOSTCHI, M.; SILAMUT, K.; HOSSAIN, M. A.; MAUDE, R. J.; JAEGER, S. e THOMA, G. R. Pre-trained convolutional neural networks as feature extractors toward improved malaria parasite detection in thin blood smear images. *PeerJ*, v. 6, n. 4568, p. 1-17, 2018.



RÖSLER, W.; ALTENBUCHINGER, M.; BAEßLER, B.; BEISSBARTH, T.; BEUTEL, G.; BOCK, R.; BUBNOFF, N. V.; ECKARDT, J. N.; FOERSCH, S.; LOEFFLER, C. M. L.; MIDDEKE, J. M.; MUELLER, M. L.; OELLERICH, T.; RISSE, B.; SCHERAG, A.; SCHLIEMANN, C.; SCHOLZ, M.; SPANG, R.; THIELSCHER, C.; TSOUKAKIS, I. e KATHER, J. N. An overview and a roadmap for artificial intelligence in hematology and oncology. *Journal of Cancer Research and Clinical Oncology*, v. 149, p. 7997-8006, 2023.

SOUZA, M. O. F.; SOUZA, K. H. S.; TÁVORA, J. A.; COSTA, E. R. G.; RESQUE, R. L.; GOMES, M. R. F. e DANTAS, D. S. Não conformidades em laboratórios clínicos de Macapá, Amapá, Brasil, com base na RDC no 302/2005/Anvisa. *Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial*, v. 56, p. 1-11, mai. 2020.

SRISUWANANUKORN, A.; SALAMA, M. E. e PEARSON, A. T. Deep learning applications in visual data for benign and malignant hematological conditions: a systematic review and visual glossary. *Haematologica*, v. 108, n. 8, p. 1093-2010, 2023.

TAYE, M. M. Understanding of Machine Learning with Deep Learning: Architectures, Workflow, Applications and Future Directions. *Computers*, v. 12, n. 5, p. 91-91, 2023.

WALTER, W.; POHLKAMP, C.; MEGGENDORFER, M.; NADARAJAH, N.; KERN, W.; HAFERLACH, C. e HAFERLACH T. Artificial intelligence in hematological diagnostics: Game changer or gadget?. *Blood reviews*, v. 58, p. 1-11, 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Ethics and governance of artificial intelligence for health. *Who Guidance*, v. 1, p. 1-110, 2021.