

Artigo Original

INOVAÇÃO NO DIAGNÓSTICO DE LEISHMANIOSES A PARTIR DO USO DE
FERRAMENTAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

*INNOVATION IN THE DIAGNOSIS OF LEISHMANIASIS USING ARTIFICIAL
INTELLIGENCE TOOLS*

Isabela Malerba Pinheiro¹; Giovanna Rangel dos Santos²; Francisco José Germano
Hennemann²; Lailson Henrique Oliveira dos Santos³; Sandra Cristina Hodel⁴; Andréia
Aguiar da Fonseca Lima⁵; Carolina de Matos Grespan⁶; Adeânio Almeida Lima⁷; Henrique
Rafael Pontes Ferreira⁸

Resumo

Introdução e objetivo: As leishmanioses afetam milhões de pessoas anualmente, com altas taxas de subnotificação. As leishmanioses apresentam diferentes manifestações clínicas e é diagnosticada por meio de exames laboratoriais. **Métodos:** Este estudo adotou uma abordagem de revisão integrativa da literatura para analisar o uso da Inteligência Artificial (IA) no diagnóstico de leishmanioses. A pesquisa foi realizada nas plataformas Google Scholar, PubMed e Scielo, utilizando os descritores "artificial intelligence" e "leishmaniasis" em inglês, e "inteligência artificial" e "leishmaniose" em português. **Resultados:** Nove artigos foram selecionados. Os métodos de diagnóstico variaram para as diferentes manifestações, sendo mais comuns a utilização de imagens de lesões para o diagnóstico de Leishmaniose Tegumentar e amostras de soro sanguíneo para a Leishmaniose Visceral Canina. A precisão dos modelos de IA apresentou sensibilidade e especificidade acima de 80% a depender da amostra. Embora os modelos tenham demonstrado utilidade no diagnóstico de leishmanioses, enfrentaram limitações relacionadas à baixa resolução de imagens, ocorrência de falsos positivos e dificuldades

na associação de análise de dados para amostras biológicas. **Conclusão:** Sua aplicação promete avanços significativos na medicina, exigindo colaboração entre pesquisadores, clínicos e desenvolvedores para garantir eficácia e segurança na prática clínica.

Descritores: Doenças Negligenciadas; Estudo de Validação; Leishmaniose Cutânea; Leishmaniose Visceral.

Abstract

Introduction and objective: Leishmaniasis, a global infectious disease, is caused by a protozoan and affects millions of people annually, with high rates of underreporting. Leishmaniasis presents different clinical manifestations and is diagnosed through complex laboratory tests. **Method:** This study adopted an integrative literature review approach to analyze the use of Artificial Intelligence (AI) in the diagnosis of leishmaniasis. The research was conducted on the Google Scholar, PubMed, and Scielo platforms, using the descriptors "artificial intelligence" and "leishmaniasis" in English, and "inteligência artificial" and "leishmaniose" in Portuguese. Articles were filtered based on the publication date from 2018 onwards to ensure relevance and timeliness of information. **Results:** Nine studies were selected. Diagnostic methods varied, involving the use of lesion images and blood serum samples. The accuracy of AI models showed significant variation, with sensitivity and specificity generally above 80%, depending on the sample. Model validation was mainly performed through exclusion cross-validation tests, with ethical compliance observed in all studies. Although the models demonstrated utility in diagnosing leishmaniasis, they faced limitations related to low image resolution, occurrence of false positives, and difficulties in associating data analysis for biological samples. **Conclusion:** AI has shown potential in diagnosis, especially in early detection and lesion differentiation, it faces challenges such as image quality and variability in analysis techniques. However, its application promises significant advances in medicine, requiring collaboration between

researchers, clinicians, and developers to ensure effectiveness and safety in clinical practice.

Keywords: *Cutaneous Leishmaniasis; Neglected Diseases; Validation Study; Visceral Leishmaniasis.*

-
1. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
 2. UNITAU - Universidade de Taubaté
 3. Instituto Federal do Piauí - IFPI
 4. Faculdade Oswaldo Cruz São Paulo
 5. Afya Faculdade de Ciências Médicas
 6. Fundação Técnico Educacional Souza Marques
 7. Faculdade Estácio de Alagoinhas
 8. Universidade Federal de Pernambuco
-

Introdução

A leishmaniose é uma doença infecciosa de ocorrência global causada por um protozoário que se multiplica no interior das células, pertencente à família *Trypanosomatidae*. Estima-se que ocorram 50-90 milhões de novos casos anualmente, com apenas 25% a 45% dos casos sendo notificados^{1,2}.

Mais prevalente em países com problemas de desigualdade social e maior ocupação em áreas de mata, possui maior prevalência em áreas rurais e periurbanas, 90% dos casos são encontrados em seis países: Brasil, Índia, Bangladesh, Sudão, Etiópia e Nepal^{2,3}.

No Brasil, dois tipos de Leishmanioses em humanos são predominantes: a cutânea e a visceral⁴. Há sete espécies causadoras de manifestações cutâneas, ressaltando-se a *Leishmania (Viannia) guyanensis*, *L. (V.) braziliensis* e *L. (L.) amazonensis*, com apresentações clínicas variadas que vão desde lesões leves na pele à destruição de tecidos profundos². O diagnóstico precoce das leishmanioses é essencial para evitar complicações e os altos índices de morbidade e mortalidade associados à doença. No Brasil, o

diagnóstico de Leishmanioses é avaliado em uma abordagem clínico-epidemiológica e confirmado de forma complementar por exames laboratoriais^{2,3}.

Os métodos diagnósticos podem ser realizados através de meios diretos e indiretos. Três grupos de exames são realizados: parasitológicos, imunológicos e moleculares³. Entre os imunológicos e moleculares, destacam-se a imunofluorescência, ELISA, aglutinação direta e a reação em cadeia de polimerase (PCR)⁵.

O diagnóstico indireto pode ser feito por meio da intradermoreação de Montenegro, baseado na avaliação da resposta imunológica celular de hipersensibilidade obtida por meio da injeção intradérmica de antígenos do protozoário *Leishmania*⁵. Não obstante, o diagnóstico de leishmanioses apresenta desafios significativos devido à complexidade da doença, presença de falso-positivos, limitações acerca do investimento no diagnóstico precoce e limitações particulares relacionadas a cada método⁶.

A leishmaniose visceral canina (LVC) tem o cão como o principal reservatório do parasito em centros urbanos. O diagnóstico dessa forma da doença compartilha métodos semelhantes aos utilizados em humanos, com a prevalência de métodos de triagem rápida seguidos por testes complementares para confirmação. Mas, enfrenta desafios, como a ocorrência de falsos positivos e a presença de sintomas inespecíficos, levando a tratamentos inadequados ou desnecessários⁷⁻⁹.

A inteligência artificial (IA) tem revolucionado a medicina, especialmente no campo do diagnóstico de doenças, ao oferecer ferramentas capazes de analisar grandes volumes de dados com rapidez e precisão^{10,11}. O uso nesse campo é possível mediante a capacidade da IA identificar padrões sutis em imagens médicas, por exemplo, tomografias, radiografias e fotografias de lesões¹²⁻¹⁵.

No caso de doenças tropicais, como as leishmanioses, a IA pode auxiliar na análise de exames parasitológicos, imagens de lesões e exames moleculares, ampliando a possibilidade de diagnósticos personalizados, mais rápido e eficiente em áreas remotas e

populações vulneráveis¹⁵⁻¹⁷. Neste contexto, encara-se uma oportunidade com abordagem inovadora e promissora para superar esses desafios e possivelmente encarar como mais um método de diagnóstico de leishmanioses.

Esse estudo se baseia na justificativa de compreender a importância de destacar as limitações, desafios e acessibilidade associados ao uso de IA na prática clínica relacionada ao diagnóstico de leishmanioses com o intuito de maximizar seu impacto em soluções positivas na saúde pública. O objetivo deste estudo é revisar a literatura existente sobre o uso da IA no diagnóstico de leishmanioses, destacando suas aplicações, métodos, limitações e perspectivas para a saúde pública.

Metodologia

Trata-se de estudo de revisão integrativa da literatura. A partir da temática, realizou-se uma pesquisa nas plataformas *Google Scholar*, *National Library of Medicine* (PubMed) e *National Library of Medicine* (SciELO) utilizando o cruzamento dos descritores "artificial intelligence" AND "leishmaniasis" e em português "inteligência artificial" AND "leishmaniose".

Filtrou-se o ano de publicação para a partir de 2018 devido ao crescente número de publicações nos últimos anos e surgimento de novas tecnologias que automatizam o processo em diversos campos da saúde. A primeira seleção de estudos se deu pela leitura do título, com destaque a presença dos descritores no título. Como critério de exclusão, a partir da leitura do artigo, foram excluídos as dissertações, teses, trabalhos acadêmicos não publicados em revistas indexadas e uso artigos que não tratavam do assunto.

Os critérios de inclusão dos resultados gerados foram a leitura minuciosa do artigo para a análise de vários tópicos pertinentes para o objetivo do estudo. Foram analisados dados para caracterizar os estudos (ano, país de publicação e tipo de leishmaniose). Dividimos a avaliação dos estudos em três abordagens: (I) avaliações referentes a amostra (tipo, tamanho e utilização de grupo controle); (II) avaliações referentes a IA (limitações,

uso em ambientes clínicos, método de treinamento e validação); e (III) avaliação quanto à confiabilidade (sensibilidade, a precisão e a especificidade) (Figura 1).

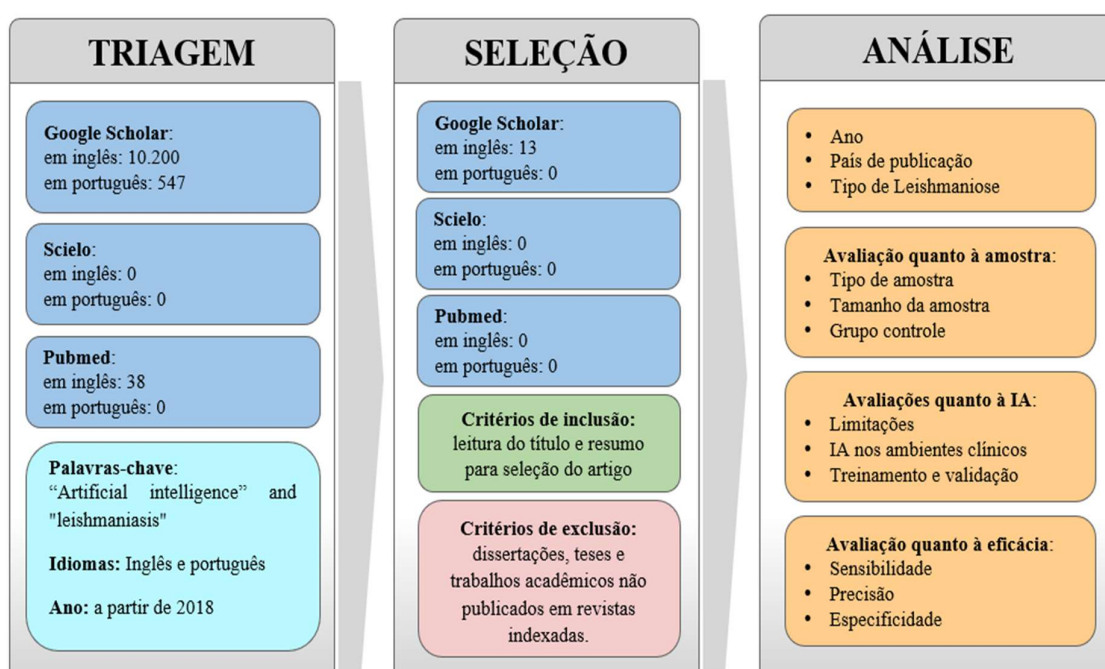


Figura 1. Fluxograma de seleção dos estudos para compor a revisão de literatura, abordando a busca de artigos, métodos de seleção e análises que foram conduzidas. Fonte: autores, 2024.

Resultados

Ao realizar a busca com os descritores, foi gerado um total de 10.238 resultados, porém, ao empregar o filtro de ano de publicação, observou-se uma redução para 6.260 estudos. A leitura de título e texto dos resultados gerados nas bases de dados fez com que resultasse em nove estudos selecionados, que mais se relacionam diretamente com o tema. Todos os estudos foram publicados em revistas internacionais, sendo os periódicos *Biomedicine*, *BMC infectious diseases*, *PLoS One*, *Journal of Biophotonics*, *ACS*

Infectious Diseases, African Journal of Advanced Pure and Applied Sciences, Photodiagnosis and Photodynamic Therapy, Sensors e no periódico *Diagnostics*.

Os estudos foram publicados nos anos de 2021 e 2024, sendo que o maior percentual foi encontrado no ano de 2023 ($n = 4$, 44,4%), para os demais anos, foi de aproximadamente 22,2% ($n = 2$) no ano de 2022 e o mesmo percentual ($n = 2$) para o ano de 2021, em 2024, um artigo foi publicado (11,1%). A maioria dos trabalhos são do Brasil ($n = 5$, 55,6%). Irã (22,2%) e Líbia (22,2%) foram países com duas publicações para ambos. Os tipos de leishmanioses que tratavam os estudos foram LT ($n = 6$, 66,7%) e LVC ($n = 3$, 33,3%). Para os estudos com foco no diagnóstico de LT, a principal amostra utilizada foi imagens de lesões ($n = 4$, 44,4%), um estudo de imagens de microscópio (11,1%) e um estudo utilizou amostras de soro sanguíneo, enquanto para a LVC, a amostra prevalente (100%) foi de soro sanguíneo (Tabela 1).

Tabela 1: Informações gerais sobre estudos desenvolvidos utilizando a inteligência artificial para melhoria no diagnóstico de leishmanioses.

Referência	País	Tipo de leishmaniose	Metodologia	Tipo de amostras	Tamanho da amostra
Leal <i>et al</i> ¹⁵	Brasil	LT	Laboratorial	Imagens	2.458
Zare <i>et al</i> ¹⁶	Irã	LT	Laboratorial	Imagens	300
Bamorovat <i>et al</i> ¹⁸	Irã	LT	Clínico	Imagens	172
Larios <i>et al</i> ¹⁹	Brasil	LVC	Laboratorial	Soro sanguíneo	48
Pacher <i>et al</i> ²⁰	Brasil	LT	Laboratorial	Soro sanguíneo	60
Noureldeen <i>et al</i> ²¹	Líbia	LT	Clínico	Imagens	160
Coelho <i>et al</i> ²²	Brasil	LVC	Laboratorial	Soro sanguíneo	52
Ferreira <i>et al</i> ²³	Brasil	LVC	Laboratorial	Soro sanguíneo	340
Abdelmula <i>et al</i> ²⁴	Líbia	LT	Laboratorial	Imagens	50

Abreviações: LT: leishmaniose tegumentar; LV: leishmaniose visceral.

Fonte: autores (2024).

De todos os estudos selecionados, somente um não apresentou precisão em seus resultados e quatro (44,4%) não apresentaram sensibilidade e especificidade. Por tipo de

amostra, observamos que a avaliação de métodos usando soro sanguíneo apresentou todos os parâmetros abaixo de 90%, variando na precisão entre 72% e 85% (Figura 2A). Para a utilização de imagens de lesões, verificamos que todas as variáveis apresentaram valores com grande variação, apresentando até 95% em todas as variáveis e os menores valores se concentraram na sensibilidade da técnica, com 35% (Figura 2B).

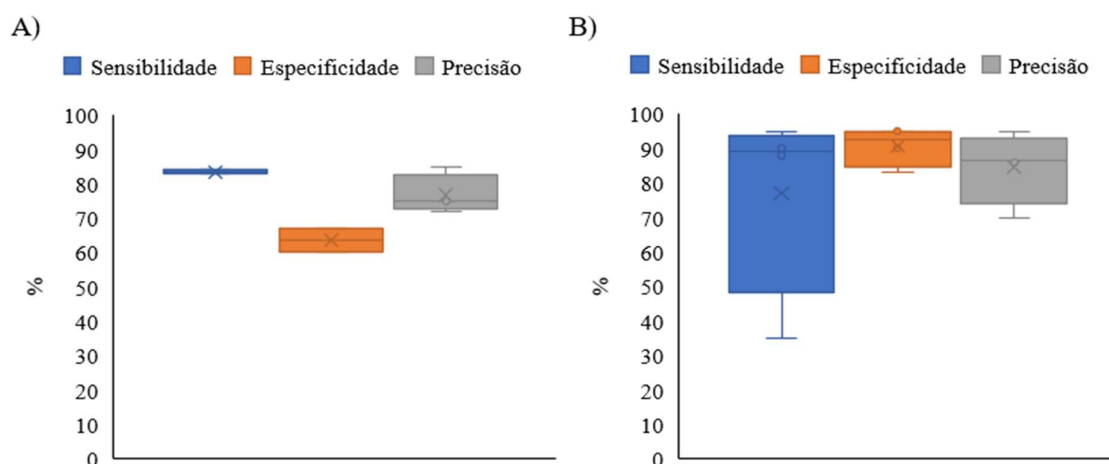


Figura 2: Sensibilidade, especificidade e precisão mediante o tipo de amostra utilizada A) soro sanguíneo, B) imagens de lesões, parâmetros usados para avaliação de inteligência artificial para o diagnóstico de Leishmanioses de acordo com revisão de literatura. Fonte: Autores (2024).

A validação dos modelos foi realizada por diversos testes e algoritmos, sendo a validação cruzada de exclusão o teste utilizado predominante ($n = 4$, 44,4%). O uso de validação externa e a conformidade com normas éticas foi algo observado em todos os nove estudos selecionados. Além disso, 66,7% ($n = 6$) deles fizeram uso de grupo controle, elemento essencial para garantir e avaliar o desempenho dos modelos. Correlações com

o contexto clínico e as possíveis implementações dos modelos na realidade médica também foi um aspecto abordado por todos (Tabela 2).

Tabela 2: Avaliação de metodologias que os estudos utilizaram para a validação e treinamento do modelo de IA para o diagnóstico de leishmanioses e avaliação quanto a normas éticas, uso de grupos controles e perspectiva crítica ao uso de IA no contexto clínico.

Referência	Abordagem utilizada para o treinamento e validação do modelo	Existe grupo controle?
Leal <i>et al</i> ¹⁵	Testes com o AlexNet	Não
Zare <i>et al</i> ¹⁶	Algoritmo Viola-Jones	Sim
Bamorovat <i>et al</i> ¹⁸	MLP, SVM, KNN e duas variantes de implementação de LVQ	Sim
Larios <i>et al</i> ¹⁹	Validação cruzada de exclusão (LOO-CV) e Algoritmos de ML próprios	Sim
Pacher <i>et al</i> ²⁰	Componentes principais (PCs). Teste de validação cruzado de exclusão (LOO-CV)	Sim
Noureldeen <i>et al</i> ²¹	Algoritmo YOLO	Não
Coelho <i>et al</i> ²²	Teste de validação cruzada (LOO-CV) e teste cego	Sim
Ferreira <i>et al</i> ²³	Modelos de ML, <i>K-nearest neighbor</i> , <i>Naive Bayes</i> , máquina de vetores de suporte e modelos de regressão logística	Sim
Abdelmula <i>et al</i> ²⁴	Validação cruzada quártupla	Não

Abreviações: MPL: *multilayer perceptron*; SVM: *support vector machines*; KNN: *k-nearest neighbors*; LVQ: *learning vector quantization*; ML: *machine learning*; YOLO: *You Only Look Once*. Fonte: Autores (2024)

Tratando-se das limitações encontradas nos estudos, elas se diferenciavam de acordo com o tipo de amostra utilizada. Modelos que utilizaram imagens de lesões como amostra, apresentaram como as principais limitações a baixa resolução de imagens e ocorrência de falsos positivos. À medida que os modelos que usaram amostras biológicas, apresentaram principalmente dificuldade na associação de análise de dados com análises moleculares e problemas com ao tipo de amostra utilizada (Figura 3).

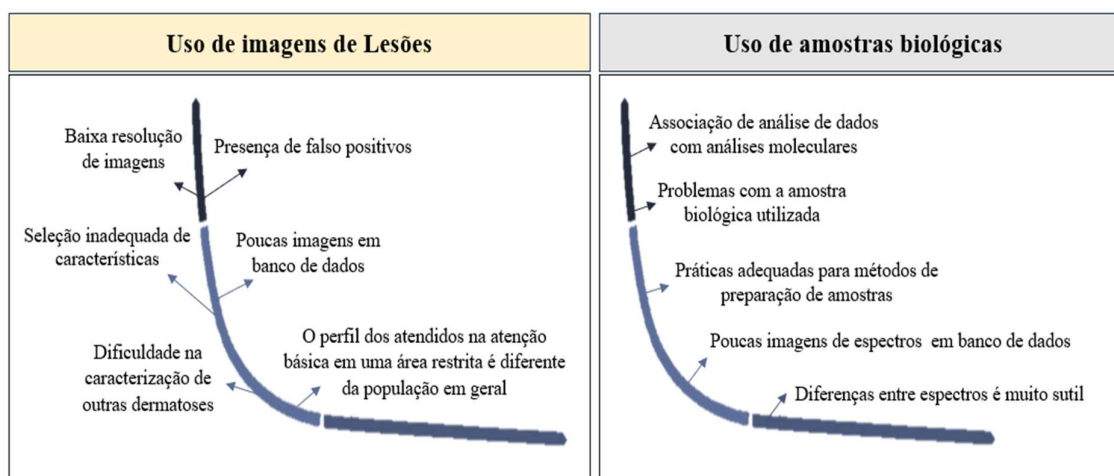


Figura 3: Principais limitações encontradas nos artigos referentes ao uso de ferramentas de inteligência artificial para o diagnóstico de leishmanioses. Fonte: Autores (2024).

Discussão

Este estudo oferece percepções sobre o emprego da Inteligência Artificial no diagnóstico das Leishmanioses. Apresentamos ferramentas de validação e avaliação quanto à precisão, sensibilidade e especificidade e como a IA é fortemente recomendado para aprimorar o processo tradicional por serviços de saúde para o diagnóstico das Leishmanioses.

A confirmação de casos de leishmanioses é predominante realizado pelos métodos laboratoriais, com destaque ao parasitológico e imunológicos, o que fornece base para o diagnóstico precoce e resposta rápida ao tratamento de pacientes^{3,5}. Porém,

para as leishmanioses, mais de 16% dos casos notificados são avaliados por critérios clínico-epidemiológicos, ocorrendo essencialmente por pacientes que apresentam lesões características de LTA e tem histórico de residência ou viagens para áreas endêmicas²⁵.

No presente estudo, avaliamos que grande parte dos estudos usam imagens de lesões de LTA para o diagnóstico, ao se mostrar eficiente para esse tipo de situação, incorporar mais um método que pode ser útil na diferenciação de lesões com outras doenças, é um grande destaque, visto principalmente que a precisão, sensibilidade e especificidade superior a 70% na maioria dos estudos. As principais limitações dessa abordagem para o diagnóstico através de imagens de lesões de LTA se concentram na qualidade das imagens, principalmente relacionado a baixa resolução e também se destaca a presença de falsos positivos, pois a similaridade entre lesões causadas por LTA e outras dermatoses dificulta a diferenciação precisa, levando a potenciais erros de diagnóstico.

Para melhor caracterização de LTA, a lesão é típica de úlcera cutânea e geralmente ocorre em áreas expostas da pele, apresentando um formato ovalado e variando em tamanho, sendo que a base desta úlcera é avermelhada com apresentação de infiltração³. Porém, a existência de outras doenças com essas mesmas manifestações clínicas é comum, por isso é imprescindível a adoção de outros métodos de diagnóstico diferencial e confirmatório²⁵. Recomenda-se a adoção de um banco de dados diverso, com imagens de qualidade de diferentes alterações dermatológicas e para garantir as classificações ideais dentro de algoritmos de IA.

Ainda, consideramos que a análise dos grupos controle para o diagnóstico de LTA revela importantes considerações metodológicas que impactam a interpretação dos resultados, como por exemplo o uso de grupos controle nos estudos, abordando pontos a serem discutidos sobre: I) incluir imagens de outras patologias a fim de comparação, II) confirmação por diagnóstico parasitológico ou outro. O não uso dessas abordagens

controle limita a abrangência comparativa e evidenciam lacunas metodológicas que podem influenciar a validade e a generalização dos achados.

Por outro lado, para a Leishmaniose visceral, devido a inespecificidade da doença, é necessário o uso de métodos complementares para diagnóstico, sendo diretos ou indiretos. Com a ausência de sinais e sintomas específicos tanto para casos humanos e para caninos, a leishmaniose visceral pode ser diagnosticada como outra enfermidade, por isso a necessidade de métodos diagnósticos robustos. O diagnóstico comum para a doença possui alta sensibilidade de 60 a 95%²⁶.

O diagnóstico pode apresentar variações nas técnicas ou na qualidade das amostras, podendo afetar o desempenho desses testes. Os problemas com a amostra biológica utilizada são reconhecidos nos estudos principalmente pela: I) manifestação clínica das leishmanioses, com aspecto de grande variação (cutânea, mucocutânea e visceral); II) os diferentes tipos de amostras (sangue, aspirado de medula óssea, biópsia de pele ou linfonodo); e III) o diagnóstico adotado (espectroscopia, diagnósticos sorológicos e molecular), podendo gerar resultados diferentes e mais processos para a IA que acaba por influenciar na sensibilidade desse tipo de abordagem.

A IA, particularmente as metodologias de aprendizado profundo, tem demonstrado progressos notáveis em diversas disciplinas médicas, exemplificadas pela sua aplicação na radiologia, patologia, oftalmologia e oncologia. Este avanço representa um potencial disruptivo para aprimorar a acurácia diagnóstica, a eficiência processual e a personalização terapêutica^{1,27}. A IA vem abrangendo desde o diagnóstico médico até a previsão de surtos e personalização do tratamento²⁸⁻³⁰.

Para análise de imagens, na radiologia e na oftalmologia, utilizando fotografias de fundo de olho, tomografia de coerência óptica e campos visuais possuem em suas análises uma performance robusta na classificação de doenças como retinopatia diabética,

retinopatia da prematuridade, disco semelhante ao glaucoma, edema macular e degeneração macular relacionada à idade^{28,31}.

No entanto, a precisão diagnóstica e o valor preditivo dos sistemas são considerados uma grande limitação, embora os sistemas de IA possam alcançar altas taxas de sensibilidade, eles também podem gerar um número considerável de falsos positivos³². O que reforça a necessidade de treinamento adicional e ajuste dos modelos de IA para melhorar a especificidade e a precisão diagnóstica geral.

Um dos principais desafios na transição de algoritmos de IA para a prática clínica, no contexto do diagnóstico de doenças, é a variabilidade nos protocolos de imagem, na qualidade das imagens e na ausência de padronização em diferentes instituições²⁸. Por outro lado, muitos foram usadas amostras biológicas para a obtenção de dados para a análise, para isso, banco de dados moleculares e imagens de espectros fornecidos pela espectroscopia são as principais abordagens utilizadas. Porém, poucos dados ainda são fornecidos para o aprimoramento da técnica¹⁵. A IA trabalha com um grande volume de dados e, portanto, a melhoria e otimização nos resultados são os principais vieses do seu uso³³.

Como perspectivas, o uso de IA tem sido empregado na previsão de surtos, tratamento de doenças^{1,2,34} e respostas de saúde pública mais rápidas e direcionadas, considerando a sua capacidade de modelagem e análise de dados epidemiológicos complexos, auxiliando na identificação de padrões que indicam a emergência ou aumento de casos, o que é crucial para a prevenção e o controle de doenças infecciosas³⁵.

A avaliação clínica de tecnologias de IA envolve considerações metodológicas fundamentais com métodos estatísticos para avaliar a discriminação e a calibração de modelos diagnósticos ou preditivos, salientando a importância de utilizar conjuntos de dados externos bem definidos para evitar o reajuste e o viés de espectro³⁶. A seleção de *endpoints* clinicamente significativos é essencial para assegurar que os estudos de IA

reflitam resultados relevantes para a prática clínica. No presente estudo, diversos modelos foram apresentados e podem ser usados como parâmetros para futuros estudos.

A utilização da IA nos programas de saúde no Brasil apresenta um cenário promissor, embora ainda incipiente. Com iniciativas demonstrando um crescente interesse em incorporar tecnologias avançadas para melhorar a gestão da saúde, a eficácia dos diagnósticos, e a personalização do tratamento. Uma análise qualitativa das políticas públicas de saúde que utilizam IA no Brasil revela que a IA é uma realidade em saúde pública como mecanismo de melhoria da gestão³⁷.

Contudo, os principais desafios enfrentados em programas de saúde estão relacionados à necessidade de políticas públicas robustas que garantam a proteção dos dados gerados por essas tecnologias e a universalização do acesso à saúde. O uso inovador da IA em campanhas de imunização contra a COVID-19, por exemplo, ilustra como a inteligência espacial pode estimar recursos necessários para a implementação de campanhas de vacinação, destacando a importância de estratégias inovadoras para enfrentar os desafios da implementação do Plano Nacional de Vacinação contra a COVID-19 no Brasil³⁸.

Embora a IA possua o potencial de transformar significativamente os programas de saúde no Brasil, sua aplicação constante requer I) o desenvolvimento de infraestrutura de dados, II) regulamentações específicas para a proteção da privacidade e segurança dos dados de saúde, e III) investimentos em capacitação profissional para o uso eficaz dessas tecnologias. A colaboração entre o setor público, a academia e a indústria tecnológica serão fundamentais para superar esses desafios e aproveitar plenamente as oportunidades que a IA oferece para a saúde pública no Brasil.

Considerando os resultados apresentados, é possível visualizar o impacto positivo que a utilização potencial da IA no diagnóstico de leishmaniose. Com a posposta de uso

de IA, abordagens como a análise de imagens poderia orientar profissionais da saúde, auxiliando na detecção de padrões e semelhanças entre lesões e o uso na leitura de amostras biológicas também pode acelerar o diagnóstico e torná-lo mais preciso após certos ajustes.

Conclusão

A aplicação de IA demonstrou potencial na saúde, oferecendo caminhos para diagnósticos mais rápidos e precisos, previsão de surtos para melhor preparação e resposta de saúde pública, e tratamentos personalizados que atendem às necessidades específicas dos pacientes. À medida que a tecnologia de IA continua a evoluir, espera-se que suas contribuições para a saúde se expandam ainda mais.

A sua integração no diagnóstico de doenças, é um avanço promissor na medicina moderna. Contudo, essa implementação enfrenta limitações, sejam por amostras utilizadas ou por questões socioeconômicas, necessitando um olhar crítico no seu uso para assegurar sua eficácia e segurança.

Portanto, a aplicação bem-sucedida dessa abordagem no diagnóstico de doenças oferece um potencial transformador para a medicina. No entanto, a realização desse potencial depende da superação de desafios significativos relacionados à validação clínica, precisão diagnóstica, integração nos fluxos de trabalho clínicos e considerações metodológicas. Uma abordagem colaborativa entre pesquisadores, clínicos e desenvolvedores de tecnologia é crucial para garantir que as soluções de IA sejam seguras, eficazes e capazes de generalizar para uma ampla gama de condições e populações e pacientes.

Referências

1. Lima RG, Mendonça TM, Mendes TS, Menezes MVC. Perfil epidemiológico da leishmaniose visceral no Brasil, no período de 2010 a 2019. Rev Eletrôn Acervo Saúde. 2021;13(4): e6931-e6931.

2. Brasil AMV, Franco AMR. Aspectos epidemiológicos da leishmaniose tegumentar americana no Brasil em 2022. Peer Rev. 2023;5(11):294-305.
3. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. Manual de vigilância da leishmaniose tegumentar. [livro da Internet]. Brasília: Ministério da Saúde. 2017 [acesso em 20 dez 2024]. Disponível em:
https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_vigilancia_leishmaniose_tegumentar_ame_ricana_2edicao.pdf.
4. Mann S, Frasca K, Scherrer S, Henao-Martínez AF, Newman S, Ramanan P, et al. A review of leishmaniasis: current knowledge and future directions. Curr Trop Med Rep. 2021;8(2):121-32.
5. Basano SA, Camargo LMA. Leishmaniose tegumentar americana: histórico, epidemiologia e perspectivas de controle. Rev Bras Epidemiol. 2004;7(3):328-37.
6. Marzochi MCA, Marzochi KBF, Fagundes A, Conceição-Silva F. A questão do controle das leishmanioses no Brasil. In: Silva FC, Alves CR, editors. Leishmanioses do continente americano. Editora FIOCRUZ: Rio de Janeiro. 2014;430-63.
7. Alves WA, Bevilacqua PD. Reflexões sobre a qualidade do diagnóstico da leishmaniose visceral canina em inquéritos epidemiológicos: o caso da epidemia de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 1993-1997. Cad Saúde Pública. 2004;20(1):259-65.
8. Marcondes M, Rossi CN. Leishmaniose visceral no Brasil. Braz J Vet Res Anim Sci. 2013;50(5):341-52.
9. Costa GP, Silva DPC, Rocha DOAC, Teixeira PHG. Métodos de diagnóstico da leishmaniose canina. Sab Científico. 2021;9(2):95-104.
10. Summerton N, Cansdale M. Artificial intelligence and diagnosis in general practice. Br J Gen Pract. 2019;69(684):324-5.

11. Zhang Y, Weng Y, Lund J. Applications of explainable artificial intelligence in diagnosis and surgery. *Diagnostics (Basel)*. 2022;12(2):237.
12. Hardy M, Harvey H. Artificial intelligence in diagnostic imaging: impact on the radiography profession. *Br J Radiol*. 2020;93(1108):20190840.
13. McCollough CH, Leng S. Use of artificial intelligence in computed tomography dose optimisation. *Ann ICRP*. 2020;49(1):113-25.
14. Luo J, Pan M, Mo K, Mao Y, Zou D. Emerging role of artificial intelligence in diagnosis, classification and clinical management of glioma. *Semin Cancer Biol*. 2023;91(1):110-23.
15. Leal JFC, Barroso DH, Trindade NS, Miranda VL, Gurgel-Gonçalves R. Automated identification of cutaneous leishmaniasis lesions using deep-learning-based artificial intelligence. *Biomedicines*. 2023;12(1):12.
16. Zare M, Akbarialiabad H, Parsaei H, Asgari Q, Alinejad A, Bahreini MS, et al. A machine learning-based system for detecting leishmaniasis in microscopic images. *BMC Infect Dis*. 2022;22(1):1-6.
17. Talimi H, Retmi K, Fissoune R, Lemrani M. Artificial intelligence in cutaneous leishmaniasis diagnosis: current developments and future perspectives. *Diagnostics (Basel)*. 2024;14(9):963.
18. Bamorovat M, Sharifi I, Rashedi E, Shafii A, Sharifi F, Khosravi A, et al. A novel diagnostic and prognostic approach for unresponsive patients with anthroponotic cutaneous leishmaniasis using artificial neural networks. *PLoS One*. 2021;16(5):e0250904.
19. Larios G, Ribeiro M, Arruda C, Oliveira SL, Canassa T, Baker MJ, et al. A new strategy for canine visceral leishmaniasis diagnosis based on FTIR spectroscopy and machine learning. *J Biophotonics*. 2021;14(11):e202100141.
20. Pacher G, Franca T, Lacerda M, Alves NO, Piranda EM, Arruda C, et al. Diagnosis of cutaneous leishmaniasis using FTIR spectroscopy and machine learning: an animal model study. *ACS Infect Dis*. 2024;10(2):467-474.

21. Nouraldeem AM, Masoud KS, Almakhzoom OA. Deep learning model for cutaneous leishmaniasis detection and classification using Yolov5. *Afr J Adv Pure Appl Sci.* 2023;2(2):270-80.
22. Coelho ML, França T, Mateus NLF, Lima Junior MSC, Cena C, Ramos CAN. Canine visceral leishmaniasis diagnosis by UV spectroscopy of blood serum and machine learning algorithms. *Photodiagn Photodyn Ther.* 2023;42(1): 103575.
23. Ferreira TS, Santana EEC, Jacob Junior AFL, Silva Junior PF, Bastos LS, Silva ALA, et al. Diagnostic classification of cases of canine leishmaniasis using machine learning. *Sensors (Basel).* 2022;22(9):3128.
24. Abdelmula AM, Mirzaei O, Güler E, Süer K. Assessment of deep learning models for cutaneous Leishmania parasite diagnosis using microscopic images. *Diagnostics (Basel).* 2023;14(1):12.
25. Vasconcelos JM, Gomes CG, Sousa A, Teixeira AB, Lima JM. Leishmaniose tegumentar americana: perfil epidemiológico, diagnóstico e tratamento. *RBAC.* 2018;50(3):221-7.
26. Dourado ZF, Silva HD, Silveira-Lacerda EP, García-Zapata MTA. Panorama histórico do diagnóstico laboratorial da leishmaniose visceral até o surgimento dos testes imunocromatográficos (rK39). *Rev Patol Trop.* 2007;36(3):205-14.
27. Almeida ISM. Utilização da inteligência artificial para padronização de exames de imagem de pacientes com COVID-19. *Atas Ciênc Saúde.* 2022;10(2):87-98.
28. Hosny A, Parmar C, Quackenbush J, Schwartz LH, Aerts HJ. Artificial intelligence in radiology. *Nat Rev Cancer.* 2018;18(8):500-510.
29. Rossi RC, Santos Lourenço M, Ribeiro Filho ALV. O papel da inteligência artificial no combate à pandemia do COVID-19. *Rev Interface Tecnol.* 2023;20(1):202-13.
30. Magalhães MIS, Vargas CV, da Silva Bomfim VVB, Ferreira TG, Behrens PAC. Impacto da inteligência artificial no diagnóstico médico: desafios e oportunidades. *Rev Ibero-Am Humanid.* 2024;10(1):1477-85.



31. De Fauw J, Ledsam JR, Romera-Paredes B, Nikolov S, Tomasev N, Blackwell S, et al. Clinically applicable deep learning for diagnosis and referral in retinal disease. *Nat Med.* 2018;24(9):1342-1350.
32. Horie Y, Yoshio T, Aoyama K, Yoshimizu S, Horiuchi Y, Ishiyama A, et al. Diagnostic outcomes of esophageal cancer by artificial intelligence using convolutional neural networks. *Gastrointest Endosc.* 2019;89(1):25-32.
33. Lobo LC. Inteligência artificial, o futuro da medicina e a educação médica. *Rev Bras Educ Med.* 2018;42(3):3-8.
34. Santos GRAC, Santos JJ, Silva BAT, Santos AS, Nogueira RS, Nascimento VAS. Perfil epidemiológico dos casos de leishmaniose tegumentar americana no Brasil. *Enferm Foco.* 2021;12(5):1047-53.
35. Correia L, Lopes D, Porto JV, Lacerda YF, Correia VCA, Bagano GO, et al. Validação de um algoritmo de inteligência artificial para a predição diagnóstica de doença coronariana: comparação com um modelo estatístico tradicional. *Arq Bras Cardiol.* 2021;117(6):1061-70.
36. Park SH, Han K. Methodologic guide for evaluating clinical performance and effect of artificial intelligence technology for medical diagnosis and prediction. *Radiology.* 2018;286(3):800-9.
37. Lemes MM, Lemos ANLE. O uso da inteligência artificial na saúde pela administração pública brasileira. *Cad Ibero-Am Direito Sanit.* 2020;9(3):166-182.
38. Rocha TAH, Boitrigo GM, Mônica RB, Almeida DG, da Silva NC, Silva DM, et al. National COVID-19 vaccination plan: using artificial spatial intelligence to overcome challenges in Brazil. *Cien Saude Colet.* 2021;26(5):1885-98.

Endereço para correspondência:

Henrique Rafael Pontes Ferreira

Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Biociências.

Endereço: Av. Reitor Joaquim Amazonas, Cidade Universitária, 50740600 - Recife, PE - Brasil

E-mail: henriquepontes027@gmail.com