

Sistema *WEB* para classificação de Leishmaniose Visceral com coleta de imagem microscópicas automática

Lucas B. M. de Sousa¹, Armando L. Borges², Viviane B. L. Dias², Clésio de A. Gonçalves^{1,3}, Daniel de A. Viana⁵, Ana Carolina L. Pacheco⁴, Romuere R. V. e Silva^{1,2}

¹Ciência da Computação, Universidade Federal do Piauí, Picos, Brasil

²Sistemas de Informação, Universidade Federal do Piauí, Picos, Brasil

³Departamento de Informática, Instituto Federal do Sertão Pernambucano Ouricuri, Brasil

⁴Ciências Biológicas, Universidade Federal do Piauí, Picos, Brasil

⁵Medicina Veterinária, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, Brasil

{lucasbezerraufpi527, armandoluzborges, vivianebarbosa}@ufpi.edu.br

{clesio.goncalves, carolandim, romuere}@ufpi.edu.br

daniel.viana@uece.br

Abstract. *This paper proposes a web application and an automated platform for the diagnosis of visceral leishmaniasis through microscopic images. Employing a deep learning approach, specifically the U-Net model, the system analyzes slide images to detect the Leishmania parasite, improving the diagnosis and treatment of the disease. The differential lies in the ability to automatically capture images, reducing the need for manual manipulation and speeding up the diagnostic process. The results highlight the model's accuracy of 85.1% and sensitivity of 72.2% in identifying the parasites, demonstrating the application's potential in clinical practice.*

Resumo. *Este artigo propõe uma aplicação web e uma plataforma automatizada para o diagnóstico da leishmaniose visceral através de imagens microscópicas. Empregando uma abordagem de aprendizado profundo, especificamente o modelo U-Net, o sistema analisa imagens de lâminas para detectar o parasita Leishmania, melhorando o diagnóstico e o tratamento da doença. O diferencial está na capacidade de capturar imagens automaticamente, reduzindo a necessidade de manipulação manual e acelerando o processo de diagnóstico. Os resultados destacam a precisão de 85,1% e sensibilidade de 72,2% do modelo na identificação dos parasitas, evidenciando o potencial da aplicação na prática clínica.*

1. Introdução

A leishmaniose, uma doença tropical causada por protozoários do gênero *Leishmania*, afeta tanto animais como seres humanos. A transmissão ocorre por vetores e representa um crescente problema de saúde não apenas no Brasil, mas em todo o mundo. Entre 2011 e 2022, a região do Mato Grosso do Sul registrou 1.613 casos de leishmaniose, sendo

a cidade de Corumbá uma área de alto risco, com uma média de 6,9 casos por 100 mil habitantes [Castro 2023].

A leishmaniose se manifesta principalmente em três formas: visceral, cutânea e mucocutânea, diferenciadas pelo tipo de protozoário causador. Anualmente, a doença afeta 50.000 a 90.000 pessoas em todo o mundo, com uma taxa de mortalidade de até 95% se não tratada [who 2023]. Os cães são os principais reservatórios da doença em áreas urbanas [Alvar et al. 2012].

O diagnóstico da leishmaniose visceral (LV) envolve a detecção de anticorpos *antileishmania*, geralmente realizada por meio de testes imunológicos. No entanto, o diagnóstico em indivíduos assintomáticos é desafiador devido à falta de um padrão disponível e à variabilidade na reprodutibilidade dos testes sorológicos, o que pode levar a resultados incertos [Silva et al. 2011]. O estudo [Gonçalves et al. 2023] desenvolveu um método para identificar a LV em imagens de microscopia, utilizando técnicas de segmentação das imagens para localizar e identificar os amastigotas, parasitas característicos da LV. Contudo, não foi fornecida nenhuma ferramenta para uso pelos usuários finais na detecção da LV.

Assim, este estudo propõe uma aplicação online para a detecção de LV, oferecendo uma solução inovadora. A aplicação permite aos usuários submeter imagens de lâminas de microscopia para análise, informando sobre a presença de células infectadas. Além disso, introduzimos um sistema de captura de imagens em tempo real, que elimina a necessidade de manipulação direta do microscópio. Utilizando uma plataforma especializada desenvolvida neste trabalho, o sistema opera automaticamente o microscópio, escaneia a lâmina e submete as imagens para a detecção automática da leishmaniose, simplificando significativamente o processo de diagnóstico. A ferramenta web e a plataforma de captura representam um grande diferencial para o diagnóstico da LV, uma vez que o desenvolvimento dessas ferramentas para essa doença não é comum.

2. Trabalhos Relacionados

A Tabela 1 demonstra e compara estudos fundamentais relacionados a este trabalho. Os estudos destacados enfatizam o potencial das tecnologias de aprendizado de máquina e aprendizado profundo na análise de imagens médicas. Os trabalhos de [Gonçalves et al. 2023] e [Zare et al. 2022] obtiveram precisão de 81.5% e 50% na identificação da LV, enquanto [Ganesan and Naveenkumar 2023] focou no diagnóstico da tuberculose mas apresentando uma aplicação funcional. Estas investigações demonstram a eficácia dessas abordagens no aprimoramento diagnóstico. Notavelmente, nenhum dos estudos que trabalham com a LV fornece uma solução prática e acessível para o usuário final, evidenciando uma lacuna entre os avanços técnicos e a aplicabilidade em cenários reais, o que este trabalho visa contribuir.

3. Metodologia

Esta seção descreve a metodologia e arquitetura do projeto desenvolvido, também ilustrado na Figura 1. As etapas incluem a página WEB (3.1), plataforma de captura (3.2) e processamento e Classificação de Imagens (3.3).

Estudo	Foco	Técnicas Usadas	Resultados/Desafios
Gonçalves et al. (2023)	Leishmaniose Visceral	Aprendizado profundo	Alta precisão e sensibilidade, falta de ferramenta prática
Ganesan and Naveenkumar (2023)	Tuberculose	Pré-processamento, segmentação, aprendizado profundo	Eficiência diagnóstica, aplicação web em nuvem
Zare et al. (2022)	Leishmaniose	Aprendizado de máquina	Detecção eficaz, rapidez e bom custo-benefício

Tabela 1. Comparação dos estudos relacionados à aplicação de técnicas de aprendizado de máquina e profundo na medicina.

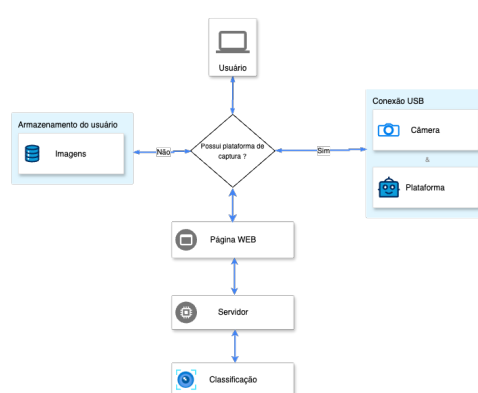


Figura 1. Fluxograma da metodologia utilizada no projeto.

3.1. Aplicação WEB

A aplicação web foi desenvolvida utilizando o *microframework Flask* [fla], escolhido por sua simplicidade e flexibilidade, o que permite construir aplicações de maneira ágil e modular. *Flask* facilita a utilização de *Bootstrap* [boo] para a estilização de *HTML*, tornando as interfaces de usuário mais intuitivas e responsivas. Isso resulta em uma aplicação funcional e visualmente atraente, simplificando a navegação e a interação do usuário.

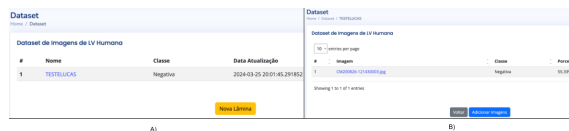
A interface de submissão web serve como o ponto central para o processo de classificação de imagens. Os usuários podem carregar suas imagens para análise através de uma interface projetada para facilitar a interação e garantir a correta submissão de dados, acessível em ¹. Um vídeo instrucional detalha as etapas de submissão e funcionalidades do sistema em ².

Uma lâmina microscópica permite gerar um conjunto de imagens detalhadas das células, formando um *dataset* de imagens, assim o sistema possibilita submeter todas as imagens das lâminas para processamento. Através do menu lateral, ao clicar em *dataset*, é possível visualizar as imagens e as informações do processamento da lâmina selecionada, conforme mostrado na Figura 2. Os usuários também podem adicionar novas lâminas e imagens, acessando essa funcionalidade pelo menu ou diretamente na tela do *dataset*.

¹<https://leishiapp.software/>

²<https://leishiapp.software/home>

Essa ação revela detalhes sobre a lâmina, ilustrados na Figura 2. Durante a adição de imagens, é possível carregar imagens dos dispositivos dos usuários e visualizar as já adicionadas e suas classificações, conforme a Figura 3.



The image shows two side-by-side screenshots of a web application interface for dataset management. Screenshot A) displays a table with the following data:

#	Nome	Classe	Data Atualização
1	TESTE LÂMINA	Negativa	2024-03-20 20:11:45,219182

Screenshot B) shows a detailed view of the dataset 'TESTE LÂMINA', including a search bar, a list of images, and a 'Novas Lâminas' button.

Figura 2. Visualização do *dataset* (A) e detalhamento (B).

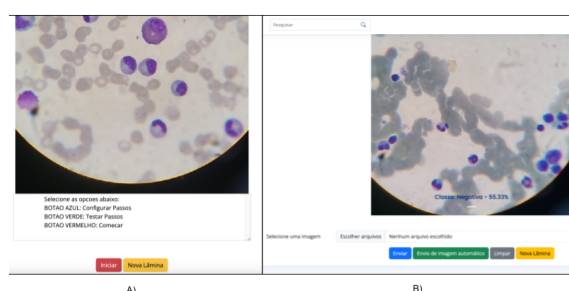


Figura 3. Adição de imagem ao *dataset* de forma manual (A) e automática (B).

Também é possível optar pela adição automática, onde a lâmina é examinada pela plataforma de captura. Na tela de captura automática, Figura 3, é exibida a imagem da câmera, seguida de instruções para o manuseio da plataforma. Isso inclui definir o início e o fim da lâmina, bem como o tamanho do passo do motor, determinando quantas paradas os motores farão para captura, funcionando como uma matriz para divisão da lâmina.

3.2. Plataforma de Captura

Desenvolvemos uma plataforma automatizada para captura de imagens microscópicas, utilizando componentes metálicos, além de *MDF* (*Medium Density Fiberboard*), um material de fibra de madeira de média densidade. A automatização emprega dois motores de passo, dispositivos eletromecânicos que permitem controle preciso do movimento em incrementos definidos, acoplados ao microscópio. Essa automatização é controlada por um *Arduino*, um microcontrolador popular e de código aberto, que coordena o movimento dos motores. A captura das imagens é feita por uma câmera USB portátil para microscópios, garantindo imagens de alta resolução (1920 x 1080). O sistema oferece ajustes para definir o início e o fim da lâmina, otimizando a identificação das regiões de interesse para análise. A Figura 4 ilustra a fixação da plataforma no microscópio, a colocação das engrenagens para manipulação do microscópio pelos motores e os componentes utilizados com o microcontrolador.

3.3. Processamento e Classificação de Imagens

Utilizamos o modelo de aprendizado profundo para a classificação de imagens, apresentado em [Gonçalves et al. 2023]. Este modelo, baseado na arquitetura U-Net, foi escolhido pela sua capacidade de identificar amastigotas de leishmaniose visceral em campos microscópicos com alta precisão. Nesse modelo as imagens analisadas contém dimensões

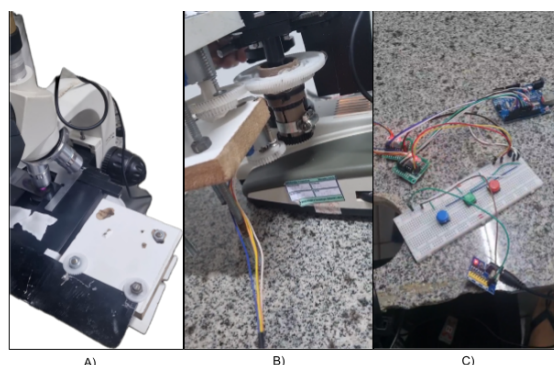


Figura 4. Captura da plataforma, sendo A) a estrutura fixadora, B) estrutura de engrenagem e C) a estrutura de comando.

variando entre 768×949 e 3000×4000 pixels. O conjunto de dados contém 150 imagens, sendo 78 positivas para amastigotas. O modelo alcançou uma precisão de 81,5%, sensibilidade de 72,2%, especificidade de 99,6% e área sob a curva *ROC* (*AUC*) de 86,5%. A distribuição dos dados para a formação do modelo foi de 70% para treinamento, 10% para validação para ajuste dos parâmetros da rede neural e 20% destinados ao teste, usado para avaliar o desempenho final.

4. Resultados

Os métodos utilizados demonstram a viabilidade técnica para implantação de um sistema *WEB* para auxiliar os profissionais na na classificação da LV em imagens microscópicas, coma opção de automatizar a coleta de imagens através da plataforma de captura de baixo custo desenvolvida. A tabela a seguir resume os custos aproximados dos componentes utilizados na construção da plataforma de captura, destacando a acessibilidade financeira do sistema.

Componente	Preço Aproximado (R\$)
Câmeras	150,00
Duas tábuas MDF (10 cm X 10 cm)	10,00
Dois motores de passo	40,00
Um microcontrolador	20,00
Chaveta de ferro com parafusos	15,00

Tabela 2. Custos aproximados dos componentes da plataforma de captura.

Em termos de desempenho do modelo de classificação, o desempenho final do modelo que está sendo utilizado alcançou uma precisão de 99,1%, uma sensibilidade de 72,2%, especificidade de 99,6%, e uma Área Sob a Curva (*AUC*) de 86,5%. Sendo um modelo viável para utilização no sistema.

A implementação dessa solução representa um avanço significativo na acessibilidade e eficiência do diagnóstico de LV, possibilitando aos profissionais de saúde uma alternativa rápida, precisa e econômica para a identificação da doença. Além disso, a disponibilização de um sistema de coleta automática de imagens reduz a necessidade de manipulação direta do microscópio, minimizando o risco de erros humanos e aumentando a produtividade em laboratórios.

5. Conclusão

A aplicação web desenvolvida irá possibilitar uma agilidade no diagnóstico da LV. Com o uso da plataforma de captura, é possível uma maior rapidez na captura das imagens que uma lâmina gera. Está sendo utilizado um modelo que demonstra eficácia ao obter uma precisão de 99,1%, tornando-se uma aplicação web funcional para um profissional de saúde.

Entre as limitações da ferramenta, a plataforma de captura necessita de intervenção manual para definir regiões de início e fim da lâmina. Objetiva-se um processo totalmente automático que será explorado em trabalhos futuros. Além disso, serão realizados experimentos para aprimorar o desempenho do modelo, visando ampliar sua capacidade de generalização e adaptabilidade a diferentes tipos de amostras e variações nas condições de captura, contribuindo assim para a precisão e eficiência no diagnóstico da doença.

Referências

- Bootstrap framework. <https://getbootstrap.com/>. Acesso em: 11 de maio de 2024.
- Flask microframework. <https://flask.palletsprojects.com/>. Acesso em: 11 de maio de 2024.
- (2023). Leishmaniose. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/leishmaniasis>. Organização Mundial da Saúde. Acesso em 30 de Outubro de 2023.
- Alvar, J., Vélez, I. D., Bern, C., Herrero, M., Desjeux, P., Cano, J., Jannin, J., and den Boer, M. (2012). Leishmaniasis worldwide and global estimates of its incidence. *PLoS one*, 7(5):e35671.
- Castro, R. (2023). Aumento de casos de leishmaniose em cães acende alerta para doença em humanos. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/noticia/aumento-de-casos-de-leishmaniose-em-caes-acende-alerta-para-doenca-em-humanos>. Agência Fiocruz de Notícias. Acesso em 30 de Outubro de 2023.
- Ganesan, D. and Naveenkumar, N. (2023). Cloud based web-application for rapid and precise detection of tuberculosis using deep learning.
- Gonçalves, C., Borges, A., Dias, V., Marques, J., Aguiar, B., Costa, C., and Silva, R. (2023). Detection of human visceral leishmaniasis parasites in microscopy images from bone marrow parasitological examination. *Applied Sciences*, 13(14):8076.
- Silva, L. A., Romero, H. D., Nascentes, G. A. N., Costa, R. T., Rodrigues, V., and Prata, A. (2011). Antileishmania immunological tests for asymptomatic subjects living in a visceral leishmaniasis-endemic area in Brazil. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 84(2):261.
- Zare, M., Akbarialiabad, H., Parsaei, H., Asgari, Q., Alinejad, A., Bahreini, M. S., Hosseini, S. H., Ghofrani-Jahromi, M., Shahriarirad, R., Amirmoezzi, Y., et al. (2022). A machine learning-based system for detecting leishmaniasis in microscopic images. *BMC infectious diseases*, 22(1):48.