

DESEMPENHO DIAGNÓSTICO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA À ULTRASSONOGRAFIA OCULAR NA DETECÇÃO DO DESCOLAMENTO DE RETINA: REVISÃO SISTEMÁTICA

DIAGNOSTIC PERFORMANCE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLIED TO OCULAR ULTRASOUND FOR RETINAL DETACHMENT DETECTION: A SYSTEMATIC REVIEW

Tacy Santana Machado¹, Arthur Winner Duarte Wanderley¹, David Kauã de Souza Pessoa¹, Gabriel Henrique Carvalho Leite Romeiro¹, Vitor Comassetto Paes¹, Reinaldo dos Santos Moura².

¹ Acadêmico do curso de medicina do Centro Universitário de Maceió - UNIMA/Afya; ² Professor do curso de medicina do Centro Universitário de Maceió - UNIMA/Afya, reinaldo.santos@afya.com.br.

Eixo Temático 03: Tecnologia e Inovação

RESUMO

Introdução: O descolamento de retina constitui uma emergência oftalmológica potencialmente ameaçadora à visão, cujo reconhecimento oportuno é essencial para reduzir o risco de perda visual. A ultrassonografia ocular pode auxiliar na identificação do descolamento de retina, porém sua interpretação é influenciada pela experiência do examinador e pode apresentar dificuldades na diferenciação de alterações vitreoretinianas. Nesse contexto, a inteligência artificial (IA) apresenta potencial para auxiliar a análise automatizada de imagens ultrassonográficas. **Objetivo:** Analisar o desempenho diagnóstico de algoritmos de IA aplicados à ultrassonografia ocular para identificação do descolamento de retina, considerando a comparação com avaliadores humanos. **Método:** Foi realizada revisão sistemática nas bases PubMed, Scopus e Biblioteca Virtual em Saúde, em agosto de 2026. Foram incluídos estudos originais publicados entre 2020 e 2026, em inglês, português ou espanhol, que utilizaram IA para análise de imagens ou vídeos de ultrassonografia ocular e avaliaram a identificação do descolamento de retina. Dois revisores independentes realizaram a seleção por título e resumo e, posteriormente, a avaliação dos textos completos. **Resultados:** Foram identificados 133 registros, dos quais 88 duplicatas foram removidas. Após a seleção, oito estudos foram incluídos. Os algoritmos apresentaram desempenho diagnóstico favorável, com acurácia variando conforme a tarefa e as classes avaliadas. Entre os cinco estudos que reportaram acurácia específica para a detecção do descolamento de retina, os valores variaram de 0,94 a 0,985 nos conjuntos de teste principais, com queda para 0,88 na única validação externa disponível; com área sob a curva entre 0,93 e 0,997 nos estudos que reportaram essa métrica. Três estudos realizaram comparação direta com avaliadores humanos, demonstrando desempenho comparável ou superior em determinadas tarefas. **Conclusão:** A IA aplicada à ultrassonografia ocular apresenta resultados promissores para identificação do descolamento de retina, com potencial apoio à interpretação e suporte à decisão em cenários de triagem.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Ultrassonografia; Descolamento Retiniano; Diagnóstico por Imagem.

ABSTRACT

Introduction: Retinal detachment constitutes a potentially sight-threatening ophthalmic emergency, for which timely recognition is essential to reduce the risk of visual loss. Ocular ultrasonography can assist in the identification of retinal detachment; however, its interpretation is influenced by examiner experience and may present difficulties in differentiating vitreoretinal abnormalities. In this context, artificial intelligence (AI) has the potential to assist in the automated analysis of ultrasonographic images. **Objective:** To analyze the diagnostic performance of AI algorithms applied to ocular ultrasonography for the identification of retinal detachment, considering comparisons with human evaluators. **Methods:** A systematic review was conducted in the PubMed, Scopus, and Virtual Health Library databases in August 2026. Original studies published between 2020 and 2026, in English, Portuguese, or Spanish, that used AI to analyze ocular ultrasonographic images or videos and evaluated

the identification of retinal detachment were included. Two independent reviewers performed title and abstract screening, followed by full-text assessment. **Results:** A total of 133 records were identified, of which 88 duplicates were removed. After screening, eight studies were included. The algorithms demonstrated favorable diagnostic performance, with accuracy varying according to the task and classes evaluated. Among the five studies that reported accuracy specifically for retinal detachment detection, values ranged from 0.94 to 0.985 in the main test sets, decreasing to 0.88 in the only available external validation; the area under the curve ranged from 0.93 to 0.997 in the studies that reported this metric. Three studies performed direct comparisons with human evaluators, demonstrating comparable or superior performance in certain tasks. **Conclusion:** AI applied to ocular ultrasonography shows promising results for the identification of retinal detachment, with potential to support image interpretation and clinical decision-making in triage settings.

Keywords: Artificial Intelligence; Ultrasonography; Retinal Detachment; Diagnostic Imaging.

INTRODUÇÃO

O descolamento de retina (DR) é uma condição oftalmológica potencialmente ameaçadora à visão, na qual o diagnóstico e o encaminhamento oportunos são fundamentais para reduzir o risco de perda visual permanente¹. Entretanto, a avaliação oftalmológica pode ser limitada em situações de emergência, especialmente quando há opacidades dos meios ópticos, hemorragia vítrea ou indisponibilidade imediata de avaliação especializada. Nesse contexto, a ultrassonografia ocular constitui uma ferramenta complementar de rápida execução e apresenta elevada acurácia para a identificação do DR, inclusive em cenários de emergência².

Apesar de sua utilidade, a interpretação da ultrassonografia ocular depende da experiência do examinador e pode apresentar dificuldades na diferenciação entre o DR e outras alterações vitreoretinianas, como o descolamento posterior do vítreo e a hemorragia vítrea. Essa limitação é particularmente relevante em contextos nos quais o exame é realizado por profissionais não especialistas². Paralelamente, o avanço de técnicas de inteligência artificial (IA), especialmente de aprendizado profundo, tem possibilitado o desenvolvimento de algoritmos capazes de reconhecer padrões complexos em imagens médicas, com potencial para auxiliar na detecção e classificação de alterações oculares³.

Nos últimos anos, diferentes modelos de IA têm sido desenvolvidos para a análise automatizada de imagens e vídeos de ultrassonografia ocular, empregando arquiteturas convolucionais, transformers, mecanismos de atenção, segmentação e análise espaço-temporal. Ainda não está claro se o desempenho observado nesses modelos é consistente entre diferentes tarefas, populações e avaliadores, especialmente quando avaliado em dados independentes.

Diante disso, esta revisão sistemática teve como objetivo analisar as evidências disponíveis sobre o uso de inteligência artificial na análise da ultrassonografia ocular para identificação do descolamento de retina, com ênfase no desempenho diagnóstico dos algoritmos, na comparação

com avaliadores humanos, nas principais fontes de erro e nos cenários potenciais de aplicação clínica.

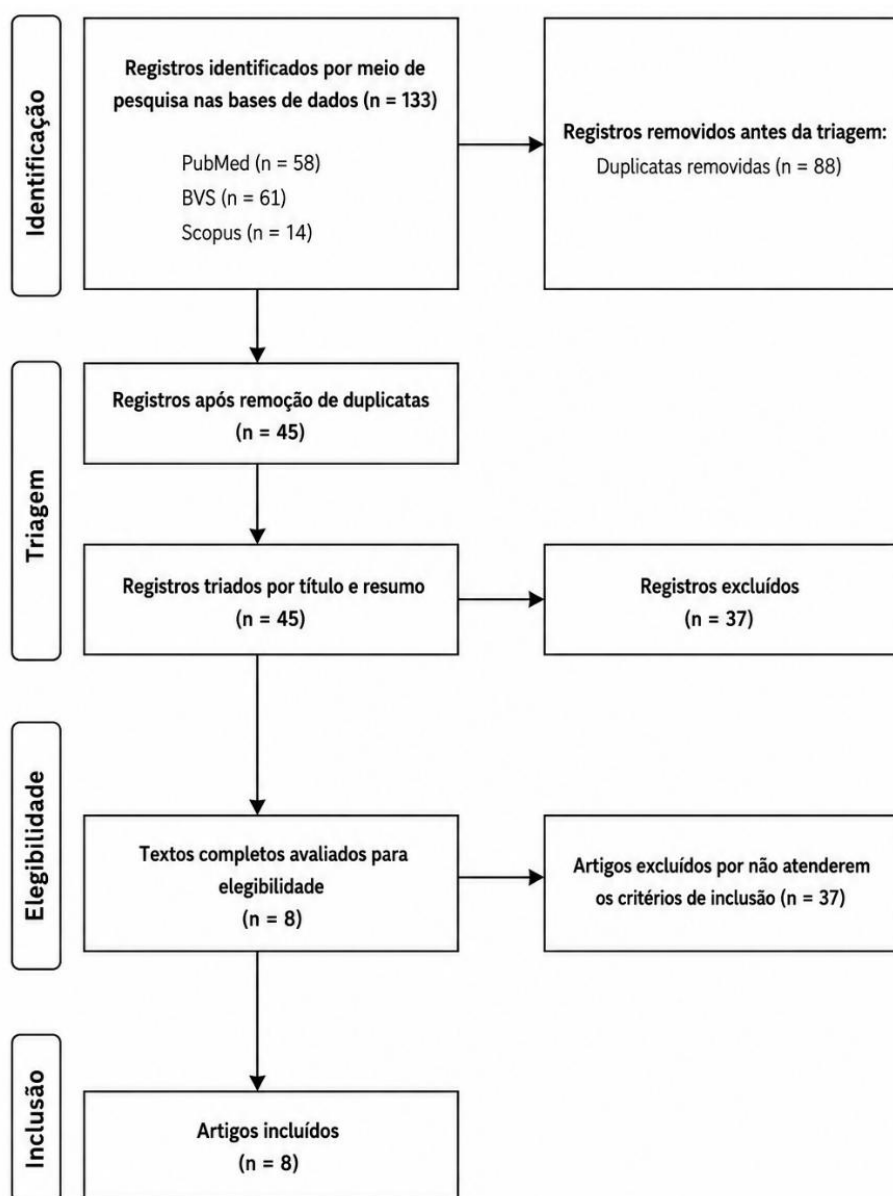
MÉTODO

Trata-se de revisão sistemática da literatura, conduzida com o objetivo de sintetizar as evidências disponíveis sobre o desempenho diagnóstico de algoritmos de IA aplicados à USG ocular para a detecção do descolamento de retina. A busca bibliográfica foi realizada em agosto de 2026 nas bases PubMed, Scopus e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS). Foram utilizados descritores relacionados a descolamento de retina, IA e USG ocular, combinados pelos operadores booleanos AND e OR: retinal detachment, artificial intelligence, deep learning, machine learning, ultrasonography, ocular ultrasound, ophthalmic ultrasound, B-scan, Point-of-Care Ultrasound e POCUS. A seleção dos estudos foi realizada por dois revisores independentes na plataforma Rayyan e discordâncias foram resolvidas por consenso entre os revisores.

Foram incluídos estudos originais publicados entre 2020 e 2026, nos idiomas inglês, português e espanhol, que utilizaram técnicas de IA para análise de imagens ou vídeos de USG ocular e investigaram a detecção, identificação ou classificação do descolamento de retina. Foram excluídas revisões de literatura, editoriais e relatos de caso; estudos que utilizaram exclusivamente outras modalidades de imagem, como tomografia de coerência óptica, retinografia ou imagens de fundo de olho ultra-widefield; estudos realizados em animais; estudos publicados em outras línguas estrangeiras; trabalhos que avaliaram desfechos diferentes do descolamento de retina; e estudos que não apresentaram avaliação do desempenho do algoritmo.

A busca recuperou 133 registros, sendo 58 na PubMed, 61 na BVS e 14 na Scopus. Após a remoção de 88 duplicatas, permaneceram 45 registros para triagem por título e resumo. Os registros potencialmente elegíveis foram submetidos à leitura do texto completo por dois revisores independentes. Nessa etapa, 37 estudos foram excluídos, após leitura do texto completo, por não atenderem aos critérios de elegibilidade, sendo 25 por utilizarem exclusivamente outras modalidades de imagem, 4 por se tratarem de revisões de literatura e 8 por apresentarem desfecho distinto do descolamento de retina. Ao final, oito estudos originais foram incluídos na síntese qualitativa, cujo processo de seleção está representado na Figura 1.

Figura 1. Fluxograma de seleção dos artigos



Fonte: elaborada pelos autores (2026).

RESULTADOS

Todos os artigos inclusos na pesquisa, avaliaram o desempenho diagnóstico de algoritmos de IA aplicados à USG ocular para identificação do DR. As principais características dos estudos estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características dos estudos incluídos na revisão

Autor, ano	País	Dados analisados	Arquitetura principal	Classes avaliadas
Chen et al., 2021 ⁴	China	3.580 imagens, 598 imagens externas e 62 vídeos	ResNet-50 e U-Net++	Normal, DR, DVP, HV e outras lesões
Adithya et al., 2022 ⁵	Índia	4.740 imagens	Inception-ResNet-V2	Normal e anormal (alterações vitreoretinianas)
Zhu et al., 2024 ⁶	China	2.064 imagens	ConvNeXt-L	Normal, opacidade vítrea, DVP, DR e descolamento de coroide
Ye et al., 2024 ⁷	China	6.054 imagens	DPLA-Net	Normal, DR, HV, tumor intraocular e estafiloma escleral posterior
Caki et al., 2025 ⁸	Turquia	279 imagens e conjunto de teste independente	TransUNet com classificador de atributos interpretáveis	DR, DVP e controle
Bhatt et al., 2025 ⁹	Índia	717 imagens	Vision Transformer	Normal, DR e DVP
Toyama et al., 2026 ¹⁰	Japão	3.773 imagens	YOLOv5	DR, HV e DR com HV
Ozkut et al., 2026 ¹¹	Estados Unidos	5.381 vídeos	Oito arquiteturas espaço temporais (3D U-Net, 3D ResNet e outras)	Não DR, DR e status macular

DR: descolamento de retina; DVP: descolamento do vítreo posterior; HV: hemorragia vítrea.
 Fonte: elaborada pelos autores (2026).

Desempenho geral dos algoritmos para detecção de DR

Os estudos demonstraram desempenho diagnóstico favorável, embora as métricas não sejam diretamente comparáveis em razão da heterogeneidade das tarefas de classificação e das classes avaliadas. Entre os estudos que reportaram acurácia específica para o descolamento de retina, os valores nos conjuntos de teste principais variaram de 0,966¹⁰ a 0,985⁷, este último obtido no subconjunto de 300 imagens utilizado para comparação com avaliadores humanos. Ye et al.⁷ relataram ainda área sob a curva de 0,997 para essa classe, valor derivado de análise de uma classe contra as demais e, portanto, não comparável ao de modelos binários dedicados. Desempenho inferior foi observado em duas situações. A primeira é a validação em dados externos: em Chen et al.⁴, a acurácia para descolamento de retina caiu de 0,94 no conjunto interno para 0,88 na base de outro hospital. A segunda envolve tarefas de maior granularidade

diagnóstica, nas quais a acurácia global acumula os erros de todas as categorias, como em Zhu et al.⁶, que relataram 84,3% na classificação de cinco categorias.

Desempenho da IA em comparação com avaliadores humanos

Três estudos avaliaram diretamente o desempenho da IA em comparação com avaliadores humanos submetidos às mesmas imagens ou investigaram o efeito da assistência por IA. Em Chen et al.⁴, o modelo apresentou acurácia média de 0,73 na classificação de cinco categorias, superior à de dois dos três especialistas com pelo menos dez anos de experiência em ultrassonografia oftálmica (0,70 e 0,63; $p < 0,05$), mas inferior ao terceiro especialista (0,75). Na análise por categoria, o modelo apresentou desempenho superior no reconhecimento do descolamento vítreo (0,97 vs. 0,29, 0,29 e 0,61), enquanto, para o descolamento de retina, os três especialistas apresentaram maior acurácia que o modelo (0,81–0,87 vs. 0,58). Entre dez participantes sem experiência prévia em USG, a acurácia aumentou de 0,84 para 0,94 com o auxílio do modelo ($p < 0,05$).

Caki et al.⁸ compararam o pipeline automatizado à leitura de um residente de oftalmologia com três anos de experiência, submetido às mesmas imagens. O modelo obteve F-score de 96,3%, contra 83,8% do residente, e classificou corretamente 99,2% dos casos de descolamento do vítreo posterior como não descolamento de retina, contra 83,3% do avaliador humano. Em Ye et al.⁷, o modelo DPLA-Net foi comparado com dois oftalmologistas seniores e quatro juniores. Para o descolamento de retina, o modelo apresentou desempenho próximo ao dos avaliadores seniores, enquanto os oftalmologistas juniores apresentaram desempenho inferior. Com a assistência da IA, a acurácia dos quatro oftalmologistas juniores aumentou de 0,696 para 0,919 ($p < 0,001$), enquanto o tempo médio de classificação por imagem diminuiu de $16,84 \pm 2,34$ para $10,09 \pm 1,79$ segundos.

Nos demais estudos, os avaliadores humanos foram utilizados principalmente para estabelecer as classificações ou diagnósticos de referência empregados no desenvolvimento e na avaliação dos modelos, e não como grupo comparador direto. Assim, esses estudos não permitem inferir superioridade ou inferioridade da IA em relação ao desempenho humano.

O desafio da diferenciação entre DR e descolamento posterior de vítreo

A distinção entre DR e DVP emergiu como uma importante fonte de erro classificatório nos estudos que avaliaram essas condições conjuntamente. Zhu et al.⁶ relataram confusão frequente entre DVP e opacidade vítrea, atribuída à semelhança de padrões ecográficos. Bhatt et al.⁹, que focalizaram especificamente a diferenciação de membranas aderidas ao disco óptico,

registraram sete casos de DR classificados erroneamente como DVP, ainda que com acurácia elevada para ambas as classes (97,22% para DR e 98,21% para DVP). Em contrapartida, Caki et al.⁸ obtiveram acurácia de até 100% na correta identificação de DVP como não-DR, valor superior ao dos classificadores convencionais comparados no mesmo estudo (96,4% e 94,4%). O dataset ERDES, desenvolvido por Ozkut et al.¹¹, também apresentou desempenho inferior na tarefa Normal vs. DVP em comparação à tarefa Normal vs. DR, diferença atribuída pelos autores à menor ecogenicidade e à maior mobilidade da DVP ao longo do exame dinâmico.

Diversidade de abordagens arquiteturais e questões de generalização

Os estudos incluídos empregaram abordagens tecnicamente heterogêneas, incluindo redes convolucionais em cascata, arquiteturas com mecanismos de atenção dual-path, redes convolucionais modernas, transformers, detecção de objetos em tempo real, arquiteturas espaço-temporais para vídeos e pipelines que combinam segmentação por deep learning e classificação por aprendizado de máquina. Quanto à generalização, dois estudos incluíram avaliação em conjuntos de dados externos ou independentes. Chen et al.⁴ relataram redução da acurácia para o descolamento de retina de 0,94 no conjunto de teste interno para 0,88 em uma base proveniente de outro hospital. Caki et al.⁸ também avaliaram o desempenho em um conjunto de teste independente, no qual o pipeline baseado em segmentação e características interpretáveis apresentou F-score de 96,5%, em comparação com 62,1% para ResNet-50 e 84,9% para MobileNetV3. Esse resultado sugere maior estabilidade do pipeline baseado em segmentação diante de dados independentes, embora não permita, isoladamente, estabelecer superioridade geral das abordagens interpretáveis quanto à capacidade de generalização.

CONCLUSÃO

Os estudos analisados demonstram desempenho promissor da IA aplicada à USG ocular na identificação do descolamento de retina, com resultados comparáveis aos de avaliadores humanos em algumas tarefas e potencial para auxiliar profissionais com menor experiência na interpretação das imagens. Entretanto, a heterogeneidade das arquiteturas, das tarefas diagnósticas e das métricas utilizadas limita a comparação direta entre os estudos. A diferenciação entre descolamento de retina e descolamento posterior do vítreo permanece um importante desafio, enquanto a escassez de validações em conjuntos de dados independentes evidencia limitações quanto à generalização dos modelos. Dessa forma, as evidências disponíveis sustentam o potencial da IA como ferramenta complementar à interpretação da USG ocular, mas estudos prospectivos e multicêntricos, com validação externa, diferentes

operadores e equipamentos e avaliação em cenários clínicos reais, são necessários para determinar a aplicabilidade e a segurança desses algoritmos na prática clínica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gariano RF, Kim CH. Evaluation and management of suspected retinal detachment. *Am Fam Physician*. 2004;69(7):1691-8.
2. Botwin A, Engel A, Wasyliw C. The use of ocular ultrasound to diagnose retinal detachment: a case demonstrating the sonographic findings. *Emerg Radiol*. 2018;25(4):445-7. doi:10.1007/s10140-018-1585-z.
3. Wang L, Zhang S, Xu N, He Q, Zhu Y, Chang Z, et al. Role of artificial intelligence in medical image analysis. *Chin Med J (Engl)*. 2025;138(22):2879-94. doi:10.1097/CM9.0000000000003824.
4. Chen D, Yu Y, Zhou Y, Peng B, Wang Y, Hu S, et al. A deep learning model for screening multiple abnormal findings in ophthalmic ultrasonography (with video). *Transl Vis Sci Technol*. 2021;10(4):22. doi:10.1167/tvst.10.4.22.
5. Adithya VK, Baskaran P, Aruna S, Mohankumar A, Hubschman JP, Shukla AG, et al. Development and validation of an offline deep learning algorithm to detect vitreoretinal abnormalities on ocular ultrasound. *Indian J Ophthalmol*. 2022;70(4):1145-9. doi:10.4103/ijo.IJO_2119_21.
6. Zhu S, Liu X, Lu Y, Zheng B, Wu M, Yao X, et al. Application and visualization study of an intelligence-assisted classification model for common eye diseases using B-mode ultrasound images. *Front Neurosci*. 2024;18:1339075. doi:10.3389/fnins.2024.1339075.
7. Ye X, He S, Dan R, Yang S, Xv J, Lu Y, et al. Ocular disease detection with deep learning (fine-grained image categorization) applied to ocular B-scan ultrasound images. *Ophthalmol Ther*. 2024;13(10):2645-59. doi:10.1007/s40123-024-01009-7.
8. Caki O, Guleser UY, Ozkan D, Harmanli M, Cansiz S, Kesim C, et al. Automated detection of retinal detachment using deep learning-based segmentation on ocular ultrasonography images. *Transl Vis Sci Technol*. 2025;14(2):26. doi:10.1167/tvst.14.2.26.
9. Bhatt VD, Shah N, Bhatt DC, Dabir S, Sheth J, Berendschot TTJM, et al. Development and evaluation of a deep learning algorithm to differentiate between membranes attached to the optic disc on ultrasonography. *Clin Ophthalmol*. 2025;19:939-47. doi:10.2147/OPHTH.S501316.
10. Toyama N, Hidaka T, Tamura H, Ikeda Y. Deep learning-based detection of retinal detachment with vitreous hemorrhage in ocular ultrasound images. *Sci Rep*. 2026;16(1):8398. doi:10.1038/s41598-026-38272-6.
11. Ozkut Y, Navard P, Adhikari S, Situ-LaCasse E, Acuña J, Yarnish AA, et al. ERDES: a benchmark video dataset for retinal detachment and macular status classification in ocular ultrasound. *Sci Data*. 2026 Jul 14. doi:10.1038/s41597-026-07453-3.