

USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO RASTREIO E DIAGNÓSTICO DA RETINOPATIA DIABÉTICA: REVISÃO DE EVIDÊNCIAS RECENTES

Carolina Magalhães Hueb de Menezes¹

RESUMO: A retinopatia diabética é uma das principais causas de cegueira evitável em adultos em idade produtiva, representando um desafio crescente para os sistemas de saúde diante do aumento global da prevalência do diabetes mellitus. O diagnóstico precoce é fundamental para prevenir complicações visuais graves, mas a cobertura limitada de exames oftalmológicos em muitos países ainda resulta em subdiagnóstico e tratamento tardio. Nesse contexto, a inteligência artificial (IA) tem se consolidado como uma ferramenta promissora no rastreio e diagnóstico da retinopatia diabética, oferecendo soluções de baixo custo, alta escalabilidade e sensibilidade comparável à de especialistas. Modelos de aprendizado profundo têm demonstrado capacidade de analisar imagens de fundo de olho com rapidez e acurácia, favorecendo a implementação de programas de triagem em larga escala, inclusive em regiões com escassez de oftalmologistas. Esta revisão reúne as evidências recentes sobre a aplicação da IA no rastreio da retinopatia diabética, destacando suas vantagens, limitações e perspectivas futuras para integração na prática clínica.

1241

Palavras-chave: Retinopatia diabética. Inteligência artificial. Rastreio oftalmológico.

ABSTRACT: Diabetic retinopathy is one of the leading causes of preventable blindness among working-age adults, representing a growing challenge for healthcare systems in light of the global increase in diabetes mellitus prevalence. Early diagnosis is essential to prevent severe visual complications, yet the limited coverage of ophthalmologic examinations in many countries still leads to underdiagnosis and delayed treatment. In this context, artificial intelligence (AI) has emerged as a promising tool for the screening and diagnosis of diabetic retinopathy, providing cost-effective, scalable solutions with sensitivity comparable to that of specialists. Deep learning models have demonstrated the ability to analyze fundus images with speed and accuracy, enabling the implementation of large-scale screening programs, even in regions with a shortage of ophthalmologists. This review compiles recent evidence on the application of AI in diabetic retinopathy screening, highlighting its advantages, limitations, and future perspectives for integration into clinical practice.

Keywords: Diabetic retinopathy. Artificial intelligence. Ophthalmologic screening.

¹ Graduada em Medicina pela Universidade de Uberaba.

INTRODUÇÃO

A retinopatia diabética (RD) é uma complicação microvascular crônica do diabetes mellitus e figura entre as principais causas de cegueira evitável no mundo. Estima-se que mais de 100 milhões de pessoas vivam atualmente com algum grau da doença, número que tende a crescer em decorrência da elevação global da prevalência do diabetes. O impacto da RD não se limita à visão, mas compromete a qualidade de vida, a produtividade laboral e a autonomia funcional dos indivíduos afetados.

O diagnóstico precoce é fundamental para prevenir a progressão da retinopatia diabética e reduzir o risco de complicações irreversíveis, como o edema macular e o descolamento de retina. Entretanto, a cobertura dos programas de rastreio ainda é insuficiente em diversos países, especialmente em regiões com menor número de oftalmologistas e infraestrutura limitada. Esse cenário leva ao subdiagnóstico, ao atraso terapêutico e, consequentemente, ao aumento da carga de morbidade relacionada à doença.

Tradicionalmente, o rastreio da RD é realizado por meio da fundoscopia direta ou da retinografia, procedimentos que exigem a presença de especialistas treinados e equipamentos específicos. Embora eficazes, essas estratégias apresentam limitações de custo, logística e acessibilidade, sobretudo em contextos de grande demanda populacional. Assim, a busca por soluções alternativas que ampliem o alcance da triagem tem sido um desafio recorrente nas últimas décadas.

Nos últimos anos, a inteligência artificial (IA) tem ganhado destaque como ferramenta inovadora na área da saúde, especialmente no campo da oftalmologia. Algoritmos baseados em aprendizado de máquina e aprendizado profundo (machine learning e deep learning) têm demonstrado capacidade de identificar lesões típicas da retinopatia diabética em imagens de fundo de olho com elevada sensibilidade e especificidade. Essa tecnologia pode reduzir a sobrecarga dos serviços especializados e aumentar a cobertura de programas de rastreamento.

Estudos recentes demonstram que sistemas automatizados de detecção de RD apresentam desempenho comparável ao de oftalmologistas experientes. Além disso, a possibilidade de utilização desses recursos em ambientes de atenção primária e em regiões com carência de especialistas abre novas perspectivas para a prevenção de complicações visuais relacionadas ao diabetes.

Apesar dos avanços, ainda existem desafios importantes para a consolidação da IA como ferramenta de rotina na prática clínica. Questões relacionadas à padronização dos algoritmos, à

validação externa em diferentes populações e à integração com fluxos de trabalho em saúde pública permanecem em debate. Além disso, aspectos éticos e legais, como a responsabilidade pelo diagnóstico automatizado, precisam ser cuidadosamente discutidos.

Dante desse panorama, torna-se relevante analisar criticamente as evidências científicas recentes sobre o uso da inteligência artificial no rastreio e diagnóstico da retinopatia diabética. Este artigo de revisão busca reunir os principais achados da literatura dos últimos cinco anos, destacando os benefícios, limitações e perspectivas futuras dessa tecnologia, com vistas a contribuir para a discussão sobre sua incorporação efetiva na prática clínica.

METODOLOGIA

Este estudo consiste em uma revisão narrativa da literatura sobre o uso da inteligência artificial (IA) no rastreio e diagnóstico da retinopatia diabética. A pesquisa bibliográfica foi conduzida entre abril e agosto de 2025, considerando publicações científicas dos últimos cinco anos (2020 a 2025), de modo a garantir a atualização dos achados apresentados.

As bases de dados selecionadas foram PubMed/MEDLINE, SciELO (Scientific Electronic Library Online) e LILACS (Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde), escolhidas pela relevância no campo da saúde e pela abrangência de artigos nacionais e internacionais.

1243

Foram utilizados os descritores em saúde (DeCS/MeSH): “*diabetic retinopathy*”, “*artificial intelligence*”, “*deep learning*”, “*screening*” e seus correspondentes em português (“*retinopatia diabética*”, “*inteligência artificial*”, “*aprendizado profundo*”, “*rastreio*”). Para ampliar a sensibilidade da busca, foram empregados operadores booleanos AND e OR na combinação dos termos.

Os critérios de inclusão foram: artigos originais, revisões sistemáticas ou narrativas, diretrizes clínicas e documentos de consenso que abordassem a aplicação da inteligência artificial no rastreio ou diagnóstico da retinopatia diabética. Foram incluídos estudos publicados em português, inglês ou espanhol. Excluíram-se artigos duplicados, relatos de caso isolados, trabalhos sem acesso ao texto completo e publicações anteriores ao período estabelecido.

Após a busca inicial, títulos e resumos foram avaliados por dois revisores de forma independente, para verificar a pertinência ao tema. Os artigos potencialmente relevantes foram analisados na íntegra, e seus principais achados foram extraídos e organizados em eixos temáticos relacionados à eficácia, limitações e perspectivas da aplicação da inteligência artificial na prática clínica.

DISCUSSÃO

A retinopatia diabética (RD) permanece como uma das principais complicações microvasculares do diabetes mellitus, afetando milhões de pessoas em todo o mundo. O diagnóstico precoce é essencial para prevenir a progressão da doença e evitar a cegueira, mas os métodos tradicionais de rastreio, como a fundoscopia e a retinografia, enfrentam limitações significativas em termos de disponibilidade de profissionais e recursos tecnológicos. Nesse cenário, a inteligência artificial (IA) surge como uma ferramenta inovadora capaz de ampliar o acesso à triagem oftalmológica.

Nos últimos anos, algoritmos de aprendizado profundo (*deep learning*) demonstraram desempenho comparável ao de oftalmologistas experientes na detecção de lesões características da RD, como microaneurismas, hemorragias e exsudatos. Estudos internacionais mostraram que a sensibilidade desses sistemas pode ultrapassar 90%, tornando-os viáveis para programas de rastreamento em larga escala. Essa acurácia elevada reforça o potencial da IA como alternativa para reduzir o subdiagnóstico, especialmente em regiões carentes de especialistas.

Além da precisão diagnóstica, a inteligência artificial apresenta vantagens relacionadas à agilidade na análise das imagens. Enquanto a avaliação tradicional depende da disponibilidade de um oftalmologista, os algoritmos são capazes de processar milhares de imagens em poucos minutos, otimizando fluxos de trabalho e reduzindo o tempo entre o rastreio e a decisão clínica. Esse fator é particularmente relevante em sistemas públicos de saúde, nos quais a demanda reprimida por consultas oftalmológicas é uma realidade frequente.

1244

Outro aspecto relevante é a escalabilidade da IA. Uma vez desenvolvido e validado, o algoritmo pode ser aplicado em diferentes cenários com custo relativamente baixo, favorecendo sua utilização em unidades de atenção primária e em programas de saúde comunitária. Dessa forma, é possível ampliar a cobertura de triagem sem depender exclusivamente da formação de novos especialistas, o que demanda tempo e altos investimentos.

Apesar dos avanços, a aplicação prática da IA no rastreio da RD ainda enfrenta desafios importantes. Um dos principais refere-se à necessidade de bases de dados robustas e diversificadas para o treinamento dos algoritmos. Muitos modelos foram desenvolvidos com imagens de populações específicas, o que pode comprometer seu desempenho em diferentes contextos demográficos e étnicos. Essa limitação reforça a importância de validar os sistemas em múltiplos cenários antes de sua implementação em larga escala.

Questões éticas e legais também têm sido amplamente discutidas. A utilização de diagnósticos automatizados levanta debates sobre responsabilidade em caso de erro, além de preocupações com a privacidade e segurança dos dados dos pacientes. A integração de sistemas de IA à prática clínica exige regulamentações claras, garantindo que o uso da tecnologia ocorra de forma segura e ética.

Além disso, a interpretação dos resultados gerados pelos algoritmos ainda pode representar uma barreira. Embora muitos sistemas apresentem alta acurácia, a falta de transparência nos processos de decisão — o chamado “caixa preta” do aprendizado profundo — dificulta a compreensão por parte dos profissionais de saúde. Essa característica pode gerar resistência na adoção da tecnologia, exigindo esforços adicionais para aumentar a confiança nos sistemas automatizados.

Outro ponto a considerar é a integração da IA aos fluxos de trabalho existentes. Para que o rastreio automatizado seja realmente efetivo, é necessário que os resultados gerados sejam incorporados de forma prática aos protocolos clínicos, permitindo encaminhamentos rápidos para especialistas quando identificadas alterações. A ausência de um fluxo bem estruturado pode comprometer os benefícios da tecnologia, mantendo o risco de atrasos no tratamento.

Estudos realizados em países em desenvolvimento mostram que a implementação da IA pode ser particularmente útil em áreas remotas, onde há escassez de oftalmologistas. Nesses contextos, a utilização de câmeras portáteis associadas a algoritmos de triagem tem se mostrado uma estratégia viável para expandir o acesso ao diagnóstico precoce. Essa experiência reforça o papel da tecnologia como aliada na redução das desigualdades em saúde ocular.

No Brasil, iniciativas de pesquisa já vêm explorando o uso de IA para o rastreio da RD, embora ainda em estágios iniciais. A integração da tecnologia ao Sistema Único de Saúde (SUS) representa um grande desafio, mas também uma oportunidade de ampliar a cobertura de triagem e reduzir a sobrecarga dos serviços de alta complexidade. A colaboração entre universidades, centros de pesquisa e gestores públicos é essencial para viabilizar a aplicação prática em larga escala.

Outro benefício da IA é a possibilidade de padronização do diagnóstico. Enquanto a avaliação humana está sujeita a variabilidade entre observadores, os algoritmos mantêm critérios consistentes de análise, reduzindo discrepâncias e aumentando a reproduzibilidade dos resultados. Essa característica pode contribuir para maior confiabilidade nos programas de rastreamento.

Em contrapartida, deve-se reconhecer que a tecnologia não substitui completamente o papel do oftalmologista. Embora eficiente na detecção de sinais iniciais da RD, a IA ainda não é capaz de realizar avaliação clínica abrangente, nem de indicar condutas terapêuticas individualizadas. Assim, sua utilização deve ser vista como um recurso complementar, ampliando a capacidade diagnóstica, mas sem substituir a avaliação médica.

As perspectivas futuras apontam para sistemas cada vez mais sofisticados, capazes de identificar não apenas a retinopatia diabética, mas também outras doenças oculares em um mesmo exame, como degeneração macular relacionada à idade e glaucoma. Essa expansão de funcionalidades poderá tornar a IA ainda mais valiosa em programas de rastreamento populacional.

Além disso, a associação entre IA e telemedicina representa uma oportunidade de integração eficiente. Imagens captadas em unidades básicas podem ser processadas automaticamente e, em casos suspeitos, encaminhadas para análise complementar por especialistas, otimizando recursos e acelerando o processo de diagnóstico. Essa abordagem híbrida pode se consolidar como modelo viável para o futuro.

Por fim, a análise crítica da literatura demonstra que a inteligência artificial tem potencial significativo para transformar o rastreio e diagnóstico da retinopatia diabética. 1246 Embora ainda existam desafios técnicos, éticos e logísticos, os avanços recentes apontam para uma trajetória promissora, na qual a tecnologia se soma à prática clínica como ferramenta essencial na prevenção da cegueira evitável associada ao diabetes.

CONCLUSÃO

A inteligência artificial tem se mostrado uma ferramenta promissora no rastreio e diagnóstico da retinopatia diabética, oferecendo elevada sensibilidade e especificidade na análise de imagens de fundo de olho. A possibilidade de ampliar a cobertura populacional, reduzir custos e acelerar processos de triagem a torna particularmente relevante em contextos de alta demanda e em regiões com escassez de especialistas.

Apesar das vantagens, a consolidação da IA na prática clínica ainda depende da superação de desafios significativos. A necessidade de validação em diferentes populações, a integração aos fluxos de saúde, além das questões éticas e legais relacionadas ao uso de diagnósticos automatizados, exigem cautela na sua implementação. A tecnologia deve ser compreendida como um recurso complementar, capaz de potencializar, mas não substituir, a atuação médica.

Conclui-se, portanto, que a inteligência artificial representa um avanço importante na oftalmologia, com potencial de transformar os programas de triagem da retinopatia diabética. Para que seus benefícios sejam efetivamente incorporados à prática clínica, será essencial investir em pesquisa, capacitação profissional e políticas públicas que assegurem sua aplicação de forma segura, equitativa e sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Saúde. *Diretrizes para Atenção ao Diabetes Mellitus na Rede de Atenção à Saúde*. Brasília: Ministério da Saúde, 2022.

CARVALHO, F. M.; SANTOS, J. P. Inteligência artificial na oftalmologia: aplicações e desafios na prática clínica. *Revista Brasileira de Oftalmologia*, Rio de Janeiro, v. 80, n. 6, p. 1-8, 2021.

FERNANDES, A. G. et al. Retinopatia diabética: avanços no rastreio e perspectivas futuras. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v. 56, n. 45, p. 1-10, 2022.

MARTINS, A. L.; SOUZA, V. R. Uso de algoritmos de aprendizado profundo na detecção da retinopatia diabética. *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia*, São Paulo, v. 85, n. 3, p. 234-241, 2022.

OLIVEIRA, R. T.; LOPES, M. A. Telemedicina e inteligência artificial no rastreamento da retinopatia diabética: revisão integrativa. *Revista Pan-Americana de Saúde Pública*, Brasília, v. 46, n. 2, p. 152-160, 2022. 1247

SOUZA, L. C.; FERREIRA, A. P. Aplicações da inteligência artificial em saúde ocular: revisão das evidências recentes. *Revista Brasileira de Telemedicina e Telessaúde*, Belo Horizonte, v. 19, n. 1, p. 11-20, 2023.