



SENSORES INTELIGENTES E INTERNET DAS COISAS NO ACOMPANHAMENTO DO GLAUCOMA: REVISÃO SISTEMÁTICA

SMART SENSORS AND THE INTERNET OF THINGS IN GLAUCOMA MONITORING: A SYSTEMATIC REVIEW

DOI: 10.5281/zenodo.23202039



Ariane Lutke Obersteiner¹

Aline de Franca Manguera²

Anderson Pereira Martins³

José Fernando Marranghello Maluf⁴

Letícia Sales Pavini⁵

Maria Olivia da Silva⁶

Mariana de Arruda Machado Frazão⁷

Liliane Trivellato Grassi⁸

-
- 1 Graduanda em Medicina, Centro Universitário Estácio do Pantanal, Cáceres, Mato Grosso, Brasil. E-mail: arianelutke@hotmail.com.
 - 2 Graduanda em Medicina, Centro Universitário Estácio do Pantanal, Cáceres, Mato Grosso, Brasil. E-mail: draline.franca@gmail.com.
 - 3 Graduado em Medicina, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. E-mail: adprmartins@gmail.com.
 - 4 Residente de Oftalmologia, Centro Oftalmológico de Cáceres, Mato Grosso, Brasil. E-mail: maluf46@gmail.com.
 - 5 Oftalmologista, Centro Oftalmológico de Cáceres, Mato Grosso, Brasil. E-mail: pavini.le@gmail.com.
 - 6 Residente de Oftalmologia, Centro Oftalmológico de Cáceres, Mato Grosso, Brasil. E-mail: mariaolivia.med@gmail.com.
 - 7 Residente de Oftalmologia, Centro Oftalmológico de Cáceres, Mato Grosso, Brasil. E-mail: [frazomariana@gmail.com](mailto:frazaomariana@gmail.com).
 - 8 Doutora em Engenharia Biomédica pela Universidade Brasil Docente do curso de Medicina do Centro Universitário Estácio do Pantanal, Cáceres, Mato Grosso, Brasil. E-mail: lilianegrassi@hotmail.com.

Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v. 4 n. 10 (2026) - ISSN 2965-2634

A Revista *OWL Journal* está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição (CC BY)





RESUMO

Introdução: O glaucoma é uma neuropatia óptica progressiva e uma das principais causas de cegueira irreversível, cujo acompanhamento depende do monitoramento da pressão intraocular (PIO), da função visual e da adesão terapêutica. Sensores inteligentes e tecnologias baseadas em Internet das Coisas (IoT) têm sido propostas para ampliar o monitoramento além do ambiente clínico. **Objetivo:** Analisar as evidências científicas sobre o uso de sensores inteligentes e tecnologias baseadas em IoT no acompanhamento do glaucoma. **Metodologia:** Foi realizada uma revisão sistemática nas bases PubMed/MEDLINE, BVSI/LILACS, SciELO e Europe PMC, incluindo publicações entre 2021 a 2026. A seleção dos estudos seguiu as recomendações do PRISMA 2020. **Resultados:** Foram incluídas 20 publicações sobre monitoramento da PIO, autotonometria domiciliar, dispositivos portáteis para avaliação da função visual, tecnologias digitais de adesão terapêutica e telemonitoramento. A autotonometria possibilitou aumentar a frequência das mensurações e identificar variações e picos pressóricos não detectados no ambiente clínico. Sensores vestíveis e implantáveis demonstraram potencial para caracterizar variações da PIO, enquanto dispositivos portáteis apresentaram resultados promissores na avaliação funcional. Sistemas digitais também permitiram integrar sensores, armazenamento em nuvem e inteligência artificial para acompanhamento da adesão terapêutica. **Considerações finais:** Sensores inteligentes e tecnologias baseadas em IoT apresentam potencial para ampliar a continuidade e a individualização do acompanhamento do glaucoma. Entretanto, as evidências atuais ainda sustentam seu uso como ferramentas complementares ao seguimento convencional, sendo necessários estudos adicionais para avaliar sua eficácia clínica e impacto na progressão da doença.

Palavras-chave: Glaucoma; Pressão Intraocular; Internet das Coisas; Dispositivos Eletrônicos Vestíveis; Monitorização Ambulatorial; Telemedicina.

ABSTRACT

Introduction: Glaucoma is a progressive optic neuropathy and a leading cause of irreversible blindness; its management relies on monitoring intraocular pressure (IOP), visual function, and treatment adherence. Smart sensors and Internet of Things (IoT)-based technologies have been proposed to extend monitoring beyond the clinical setting. **Objective:** To analyze scientific evidence regarding the use of smart sensors and IoT-based technologies in glaucoma management. **Methodology:** A systematic review was conducted using the PubMed/MEDLINE, BVSI/LILACS, SciELO, and Europe PMC databases, covering publications from 2021 to 2026. Study selection followed PRISMA 2020 guidelines. **Results:** Twenty publications were included, covering IOP monitoring, home autotonometry, portable devices for visual function assessment, digital technologies for treatment adherence, and telemonitoring. Autotonometry enabled increased measurement frequency and the identification of pressure variations and spikes undetected in clinical settings. Wearable and implantable sensors demonstrated potential for characterizing IOP fluctuations, while portable devices showed promising results in functional assessment. Digital systems also enabled the integration of sensors, cloud storage, and artificial intelligence to track treatment adherence. **Final Considerations:** Smart sensors and IoT-based technologies offer the potential to enhance the continuity and personalization of glaucoma management. However, current evidence supports their use as tools





complementary to conventional follow-up; further studies are needed to evaluate their clinical efficacy and impact on disease progression.

Keywords: Glaucoma; Intraocular Pressure; Internet of Things; Wearable Electronic Devices; Ambulatory Monitoring; Telemedicine.

1. INTRODUÇÃO

O glaucoma permanece entre as principais causas de perda visual irreversível no mundo e representa importante problema de saúde pública, com tendência de aumento de sua carga global nas próximas décadas, especialmente em decorrência do envelhecimento populacional (Tham et al., 2014; Bourne et al., 2021). Trata-se de uma neuropatia óptica crônica e progressiva, frequentemente assintomática em seus estágios iniciais, o que torna o diagnóstico precoce e o acompanhamento longitudinal fundamentais para a preservação da função visual. O subdiagnóstico constitui um desafio adicional, sobretudo em populações socioeconomicamente vulneráveis, nas quais parcela expressiva dos casos pode permanecer não detectada (Soh et al., 2021).

A pressão intraocular (PIO) constitui o principal fator de risco modificável relacionado ao desenvolvimento e à progressão do glaucoma e permanece como parâmetro central na condução terapêutica. Evidências demonstram que sua redução pode retardar o desenvolvimento da doença em indivíduos com hipertensão ocular e diminuir o risco de progressão em pacientes com glaucoma estabelecido (The agis investigators, 2000; Kass et al., 2002; Leske et al., 2003). Na prática clínica, a tonometria de aplanção de Goldmann permanece como método de referência para estimativa da PIO (Kadambi et al., 2023; Pons-Talaya et al., 2026). Entretanto, medidas obtidas pontualmente durante consultas podem não representar adequadamente seu comportamento ao longo do dia, uma vez que picos e flutuações podem ocorrer fora do horário habitual de atendimento (Liu et al., 2003; Monsálvez-Romín et al., 2025).

Nesse contexto, sensores inteligentes e dispositivos de monitoramento domiciliar surgem como alternativas capazes de ampliar a frequência e a duração das avaliações.





Sensores incorporados a lentes de contato, dispositivos implantáveis e tonômetros de uso domiciliar permitem a obtenção de informações em condições mais próximas da rotina do paciente. Algumas dessas tecnologias possibilitam acompanhar padrões relacionados à PIO durante períodos prolongados, inclusive durante o sono, oferecendo informações que não são obtidas por medidas isoladas em consultório (Mansouri et al., 2012; Monsálvez-Romín et al., 2025).

A evolução dessas ferramentas acompanha o desenvolvimento da Internet das Coisas (Internet of Things – IoT), caracterizada pela integração entre dispositivos de aquisição de dados, sistemas de comunicação e plataformas digitais. Na saúde, essa estrutura possibilita coletar, armazenar e transmitir informações produzidas fora do ambiente clínico, favorecendo modelos de acompanhamento remoto e longitudinal. No glaucoma, suas aplicações podem envolver não apenas a PIO, mas também dispositivos portáteis para avaliação da função visual e tecnologias destinadas ao acompanhamento da adesão terapêutica. A realização mais frequente de testes de campo visual pode contribuir para o reconhecimento precoce da progressão, enquanto sensores acoplados a frascos e ferramentas digitais permitem tornar o comportamento de uso das medicações mais observável (Chauhan et al., 2008; Erras et al., 2023).

A conectividade também permite integrar essas informações a estratégias de telemonitoramento e teleoftalmologia, possibilitando que dados produzidos no domicílio sejam avaliados remotamente e utilizados como complemento ao acompanhamento presencial. Estudos recentes demonstram viabilidade de dispositivos portáteis, perimetria remota e programas de teleoftalmologia, inclusive em populações com menor acesso ao atendimento especializado (Balakrishnan et al., 2024; Bradley et al., 2024; Owsley et al., 2024). Entretanto, maior capacidade de mensuração e transmissão de dados não implica, necessariamente, benefício clínico. Permanecem desafios relacionados à acurácia, reprodutibilidade, usabilidade, interoperabilidade, segurança, custo, treinamento dos pacientes e definição de critérios capazes de transformar as informações coletadas em decisões terapêuticas relevantes (Monsálvez-Romín et al., 2025).





Diante desse cenário, justifica-se a realização desta revisão sistemática pela necessidade de reunir e analisar criticamente as evidências disponíveis acerca da aplicação de sensores inteligentes e tecnologias baseadas em Internet das Coisas no acompanhamento do glaucoma. O presente estudo tem como objetivo analisar as evidências científicas sobre o uso de sensores inteligentes e tecnologias baseadas em IoT no acompanhamento do glaucoma, considerando suas aplicações na monitorização da pressão intraocular, da função visual e da adesão terapêutica, bem como seus benefícios, limitações e perspectivas para a prática clínica.

2. METODOLOGIA

Trata-se de revisão sistemática da literatura com estratégia de busca de evidências científicas que explorem como tecnologias de sensores e IoT estão sendo aplicadas para acompanhar pacientes com glaucoma. A pesquisa foi conduzida seguindo as recomendações do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA 2020), visando garantir maior transparência, rigor metodológico e reprodutibilidade durante todas as etapas de identificação, seleção, elegibilidade e inclusão dos estudos (PAGE et al., 2021).

A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados PubMed/MEDLINE, BVS/LILACS, SciELO e Europe PMC, com a última atualização da busca em 12 de agosto de 2026. As estratégias de busca completas, adaptadas e reproduzidas para cada base de dados e respectiva interface, estão apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Estratégias integrais de busca por base de dados

Base	n	Filtros e período	Estratégia integral
PubMed/ MEDLINE	693	2021-2026; inglês/português verificados na elegibilidade	("Glaucoma"[Mesh] OR "Intraocular Pressure"[Mesh] OR "Tonometry, Ocular"[Mesh]) AND ("Internet of Things"[Mesh] OR "Wearable Electronic Devices"[Mesh] OR "Biosensing Techniques"[Mesh] OR "Telemedicine"[Mesh] OR "Artificial Intelligence"[Mesh] OR "Medication Adherence"[Mesh] OR "Monitoring, Ambulatory"[Mesh])
BVS/ LILACS	36	2021-2026; inglês/português verificados na elegibilidade	(mh:("Glaucoma" OR "Pressão Intraocular" OR "Hipertensão Ocular") OR tw:(glaucoma OR "pressão intraocular" OR "presión intraocular")) AND (mh:("Tonometria Ocular" OR "Telemedicina" OR "Monitorização Ambulatorial" OR





			"Dispositivos Eletrônicos Vestíveis" OR "Tecnologia de Sensoriamento Remoto") OR tw:(tonometria OR tonômetro OR autotonometria OR "tonometria domiciliar" OR "automedida" OR sensor OR sensores OR "lente de contato sensora" OR telemonitoramento OR telemonitorización OR teleglaucoma OR "internet das coisas" OR "internet de las cosas" OR "monitorização contínua"))
SciELO	2	2021-2026; inglês/português verificados na elegibilidade	Glaucoma AND ("Internet das Coisas" OR "dispositivos vestíveis" OR telemedicina OR "inteligência artificial")
Europe PMC	4	01/01/2021-12/08/2026; acesso aberto; inglês/português	((TITLE_ABS:"glaucoma" OR TITLE_ABS:"intraocular pressure" OR TITLE_ABS:"ocular tonometry" OR TITLE_ABS:tonometry) AND (TITLE_ABS:"internet of things" OR TITLE_ABS:IoT OR TITLE_ABS:"wearable electronic device" OR TITLE_ABS:"wearable electronic devices" OR TITLE_ABS:wearable* OR TITLE_ABS:biosensor* OR TITLE_ABS:"biosensing techniques" OR TITLE_ABS:telemedicine OR TITLE_ABS:telemonitoring OR TITLE_ABS:"remote monitoring" OR TITLE_ABS:"artificial intelligence" OR TITLE_ABS:"medication adherence" OR TITLE_ABS:"ambulatory monitoring")) AND FIRST_PDATE:(2021-01-01 TO 2026-08-12) AND OPEN_ACCESS:y AND (LANG:eng OR LANG:por)

Nota: o total identificado foi de 735 registros. Fonte: dados da pesquisa (2026).

A questão foi estruturada por população, conceito e contexto. Incluíram-se pessoas com glaucoma, hipertensão ocular ou suspeita, e populações de triagem com resultados específicos para glaucoma; tecnologias de sensoriamento, monitoramento contínuo ou domiciliar, perimetria portátil, telemedicina e teleoftalmologia, adesão digital e inteligência artificial integrada ao acompanhamento; e contextos domiciliares, comunitários, ambulatoriais, virtuais ou híbridos.

Dessa forma, estabeleceu-se a seguinte pergunta norteadora: “Quais são as evidências científicas disponíveis sobre a aplicação de sensores inteligentes e tecnologias baseadas em Internet das Coisas no acompanhamento do glaucoma, considerando o monitoramento da pressão intraocular, da função visual, da adesão terapêutica e as estratégias de telemonitoramento?”





Foram consideradas elegíveis as publicações realizadas no período de 1º de janeiro de 2021 a 12 de agosto de 2026, disponíveis gratuitamente em texto completo (Open Access) e publicadas nos idiomas inglês ou português, estudos que apresentassem dados relacionados à concordância ou acurácia, viabilidade, adesão, desempenho da triagem, continuidade do cuidado, implementação ou custos das tecnologias avaliadas. Estudos realizados em olhos humanos cadavéricos foram incluídos exclusivamente para fins de validação tecnológica, sendo seus resultados analisados e interpretados separadamente dos estudos conduzidos em participantes vivos.

Foram excluídos estudos animais ou de bancada sem tecido humano; protocolos sem resultados; revisões narrativas e outras fontes secundárias, editoriais, cartas, comentários e consensos; tratamento sem monitoramento; telemedicina não específica para glaucoma; inteligência artificial restrita ao diagnóstico por imagem sem integração longitudinal; população inelegível ou indefinida; publicação retratada; e relatórios cujo texto integral aberto não pudesse ser localizado e verificado.

Os registros identificados foram consolidados e submetidos à verificação de duplicidades, mediante conferência do PMID (PubMed Identifier, identificador único atribuído às referências indexadas no PubMed), do título e do ano de publicação. A unidade de triagem foi o registro; a unidade de elegibilidade, o relatório; e a unidade de síntese, a publicação. A condição de acesso aberto foi confirmada mediante a disponibilidade pública do texto completo no PubMed Central ou em outra fonte editorial de acesso aberto. Os relatórios cujo texto completo não foi localizado de acordo com esse critério foram classificados como não recuperados, não sendo considerados excluídos após a avaliação do texto completo.

De cada artigo incluído, foram extraídas informações referentes à citação, país e contexto do estudo, delineamento, tamanho e características da amostra, tecnologia avaliada, comparador, período de seguimento, desfechos, resultados quantitativos, limitações relatadas, identificadores bibliográficos e condição de acesso. Quando um mesmo programa ou estudo originou múltiplas publicações, os vínculos entre os respectivos relatórios foram registrados, a fim de evitar a duplicação de dados. Nesses casos, foram priorizados os resultados





diretamente relacionados ao desempenho das tecnologias, à implementação, à adesão terapêutica e à continuidade do cuidado.

Os estudos foram organizados segundo a função predominante da tecnologia no acompanhamento do glaucoma em cinco eixos: sensores inteligentes para monitoramento contínuo da PIO; autotonometria e monitoramento domiciliar conectado; dispositivos portáteis ou domiciliares para monitoramento da função visual; sensores e tecnologias digitais aplicados à adesão terapêutica; e telemonitoramento/teleoftalmologia como infraestrutura complementar ao acompanhamento remoto. A força da evidência foi qualificada narrativamente de acordo com o desenho, o estágio de desenvolvimento tecnológico, a aplicabilidade clínica e as principais limitações metodológicas.

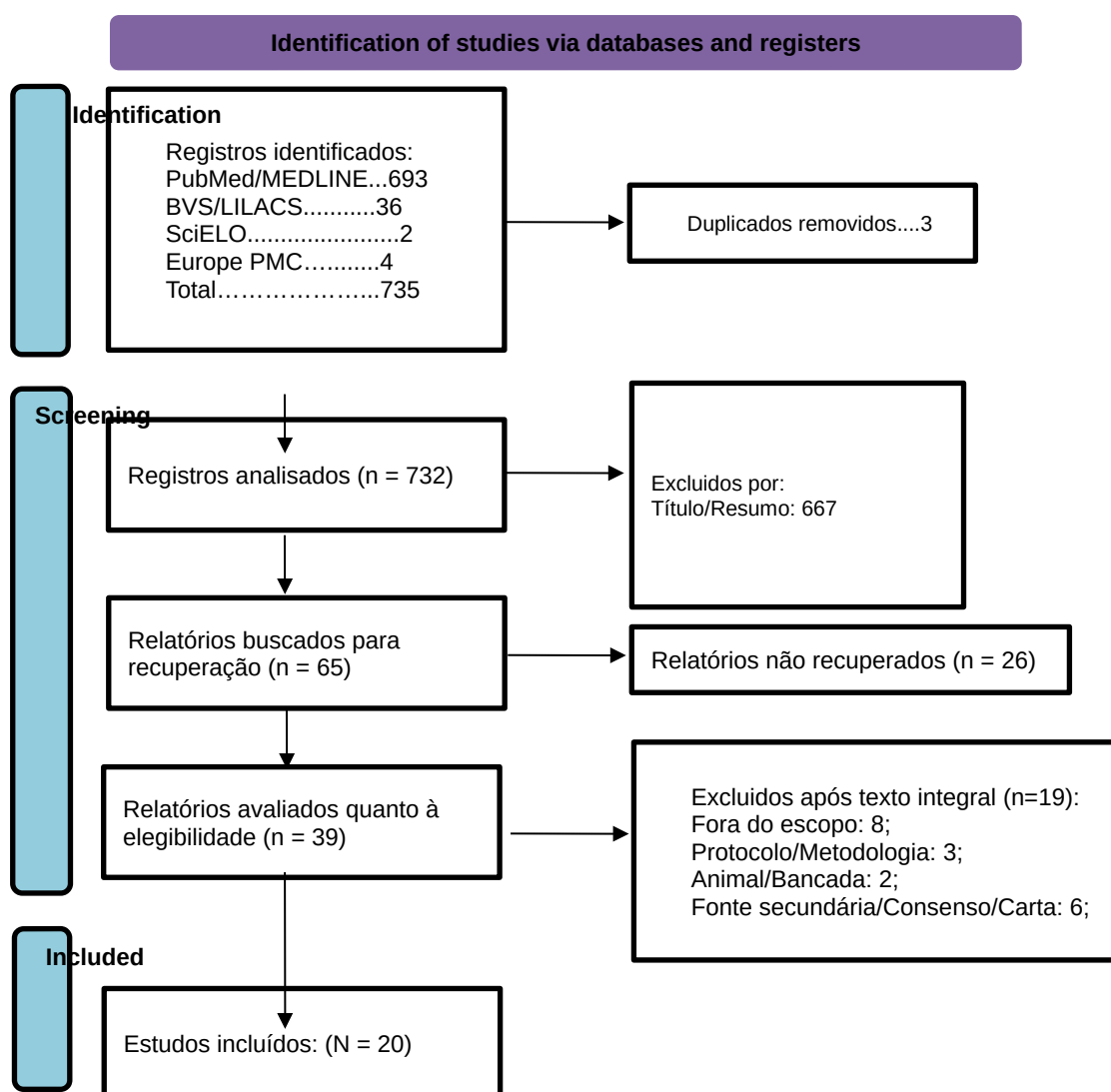
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A busca nas bases de dados identificou 735 registros, sendo 693 provenientes do PubMed/MEDLINE, 36 da BVS/LILACS, 2 da SciELO e 4 da Europe PMC. Após a remoção de 3 registros duplicados, 732 títulos e resumos foram submetidos à triagem inicial. Nessa etapa, 667 registros foram excluídos por não atenderem aos critérios de elegibilidade, resultando em 65 relatórios buscados para recuperação em texto completo. Destes, 26 não puderam ser recuperados integralmente, permanecendo 39 relatórios para avaliação de elegibilidade. Após a leitura integral, 19 publicações foram excluídas: 8 por não apresentarem relação adequada com o escopo da revisão, 3 por consistirem em protocolos ou estudos exclusivamente metodológicos sem resultados elegíveis, 2 por corresponderem a estudos animais ou de bancada e 6 por serem fontes secundárias, consensos ou cartas. Ao final, 20 publicações foram incluídas na síntese qualitativa (FIGURA 1).





Figura 1: Fluxo de seleção dos estudos segundo PRISMA 2020.



Fonte: elaborado pelo autor com base no fluxo PRISMA 2020 (2026).

As 20 publicações incluídas distribuíram-se entre 2021 a 2026, sendo 3 publicações em 2021, 2 em 2022, 5 em 2023, 7 em 2024, 2 em 2025 e 1 em 2026. Dezenove estudos envolveram participantes humanos e um avaliou um protótipo de sensoriamento em olhos humanos cadavéricos. Considerando o objetivo da revisão, as evidências foram organizadas em cinco eixos: sensores inteligentes para monitoramento contínuo da pressão intraocular



(PIO); autotonometria e monitoramento domiciliar conectado; dispositivos portáteis ou domiciliares para monitoramento da função visual; tecnologias digitais aplicadas à adesão terapêutica; e telemonitoramento/teleoftalmologia como infraestrutura complementar ao acompanhamento remoto, descritos no Quadro 2 e 3.

Essa organização evidencia diferentes níveis de maturidade tecnológica. Enquanto determinadas ferramentas já apresentam validação clínica e aplicação domiciliar, outras permanecem em estágios experimentais ou de implementação. De maneira geral, os estudos demonstram evidências mais consistentes de viabilidade, concordância e ampliação da obtenção de dados do que de superioridade clínica ou redução da progressão do glaucoma.

Quadro 2 - Características dos 20 estudos incluídas na revisão.

Estudo	Desenho / amostra	Tecnologia avaliada	Aplicação no acompanhamento do glaucoma	Principais achados	Relação com sensores/IoT
McGlumphy et al. (2021)	Estudo retrospectivo transversal; 61 pacientes, 107 olhos	iCare HOME	Autotonometria domiciliar da PIO	A monitorização domiciliar identificou PIO máxima maior, mínima menor e maior amplitude que as medidas clínicas. O pico ocorreu fora do horário de consultório em 50% dos dias, e a média dos picos domiciliares superou a PIO máxima de consultório em 44% dos pacientes.	Direta – monitoramento domiciliar por dispositivo inteligente
Jones et al. (2021)	Estudo longitudinal domiciliar; 20 participantes	Eyecatcher, perimetria em tablet	Monitoramento domiciliar do campo visual	Adesão de aproximadamente 98% durante seis meses e correlação de $r=0,94$ com a avaliação clínica; cerca de 9% dos testes foram discrepantes.	Direta/complementar – dispositivo digital domiciliar conectado
Van den Bosch et al. (2021)	Estudo piloto; 11 participantes	Microsensor telemétrico implantável	Monitoramento contínuo da PIO	Detectou alterações pressóricas relacionadas à direção do olhar e fechamento palpebral; aumento médio de $4,4 \pm 4,9$ mmHg na supravisão a 25°.	Direta – sensor implantável com telemetria
Huther, Roh e Ramsey	Coorte observacional; 1.843	Telessaúde	Continuidade do acompanhamento	823 pacientes (45%) utilizaram telessaúde durante a pandemia e 1.249 (68%) retornaram ao	Indireta – infraestrutura assistencial





(2022)	pacientes		mento remoto	acompanhamento presencial.	digital
Nakaza wa et al. (2022)	Estudo fisiológico; 63 participantes com glaucoma de tensão normal não tratado	Sensor em lente de contato por 24 h	Monitoramento prolongado de padrões relacionados à PIO	Identificou associação entre pressão arterial média e nível/variabilidade noturna do sinal relacionado à PIO; não avaliou desfechos de progressão.	Direta – sensor vestível
Newman-Casey et al. (2023)	Estudo de implementação; 1.171 participantes	MI-SIGHT	Teletriagem e encaminhamento	Aproximadamente 24% apresentaram glaucoma ou suspeita, 41% foram encaminhados e 99% relataram satisfação.	Indireta – infraestrutura de telemonitoramento
Johnson et al. (2023)	Validação comparativa; 89 olhos	Headset vestível para perimetria	Avaliação portátil do campo visual	Correlação de $r=0,94-0,95$ e ICC de $0,94-0,95$ para índices globais em comparação à perimetria automatizada padrão.	Direta/complementar – dispositivo vestível digital
Campigotto, Campbell e Lai (2023)	Estudo experimental; 12 olhos humanos cadavéricos	Protótipo microfluídico em lente de contato	Sensoriamento da PIO	Deformação corneana/lente associada à PIO ($R^2=0,83$); resposta do sensor de aproximadamente 0,40 mm/mmHg	Direta – biossensor; evidência pré-clínica
Cheng et al. (2023)	Coorte em clínica virtual; 78 participantes	Acompanhamento virtual com avaliação de adesão	Adesão ao tratamento tópico	71/78 participantes (91%) relataram boa adesão; resultado baseado em autorrelato e sujeito a vies de seleção.	Indireta – cuidado digital, sem sensor
Kadambi et al. (2023)	Estudo de viabilidade/comparação; 70 treinados; 51 pacientes e 102 olhos analisados	iCare HOME + iCare LINK	Autotonometria domiciliar e transmissão/armazenamento das medidas	72,9% dos pacientes treinados obtiveram leituras confiáveis. Correlação de $r=0,90$ entre operador e paciente e $r=0,79$ entre paciente e GAT; concordância insuficiente para substituir Goldmann.	Direta – monitoramento domiciliar conectado
Balakrishnan et al. (2024)	Estudo comparativo diagnóstico; 100 participantes, 200 olhos	Telemedicina versus avaliação presencial	Avaliação remota do glaucoma	Concordância moderada com o oftalmologista presencial ($\kappa=0,49$ e $\kappa=0,44$).	Indireta – infraestrutura remota
Owsley et al.	Estudo de implementação	AL-SIGHT	Teletriagem de	29,7% apresentaram achados associados ao glaucoma; 47,2%	Indireta – infraestrutura de



(2024)	ção/triagem comunitária; 500 participantes		populações rurais de alto risco	foram encaminhados e 76,7% compareceram ao seguimento.	teleoftalmologia
Tan et al. (2024)	Estudo caso-controle retrospectivo; 5.023 participantes	Critérios fotográficos em programa teleoftalmológico	Rastreamento remoto	Sensibilidade de aproximadamente 81,6–81,8%, especificidade de 50,6–50,7%, VPP de 14% e elevado número de falsos positivos.	Indireta – teleoftalmologia
Bradley et al. (2024)	Validação comparativa; 100 participantes	Perímetro vestível de realidade virtual – NOVA/Radius	Avaliação portátil do campo visual	Concordância elevada para estadiamento ($\kappa=0,91-0,93$) e correlação de $r=0,94$ do mean deviation com o HFA.	Direta/ complementar – dispositivo vestível digital
McLaughlin et al. (2024)	Estudo piloto remoto; 21 participantes, 42 olhos	Dispositivo de perimetria montado na cabeça	Monitoramento remoto do campo visual	Foram realizados 124 exames remotos e 41 presenciais; houve concordância útil, porém perdas de fixação e problemas operacionais/conectividade limitaram o desempenho.	Direta/ complementar – dispositivo conectado
Stewart et al. (2024)	Estudo de viabilidade multimétodo – I-TRAC; 42 pacientes	iCare HOME2 + aplicativo OKKO em tablet	Monitoramento domiciliar multimodal de PIO e função visual	40/42 (95%) completaram seguimento de três meses; 55% atingiram adesão $\geq 80\%$ aos dois dispositivos. Houve boa aceitabilidade, mas dúvidas sobre confiabilidade, seleção de pacientes e integração ao cuidado.	Direta – monitoramento domiciliar conectado e multimodal
Tabuchi et al. (2024)	Série prospectiva observacional; 61 incluídos, 57 analisados	CASEA: acelerômetro no frasco + armazenamento em nuvem + IA	Monitoramento objetivo da adesão aos colírios	Para tratamento bilateral, recall e precisão de 98,6% e acurácia de 95,9%; para tratamento unilateral, acurácia de 95,6%. O sistema também identificou dificuldades de autoaplicação.	Direta – sensor conectado, armazenamento em nuvem e IA
Newman-Casey et al. (2025)	Estudo de implementação com componente randomizado; 3.714 triados, 943 reavaliados, 490 randomizados	MI-SIGHT, seguimento	Continuidade e do cuidado após teletriagem	Comparecimento global ao seguimento de 68%. Coaching/educação personalizada não superou educação escrita (61% vs. 59%; $p=0,74$).	Indireta – infraestrutura e continuidade assistencial



Quérat e Chen (2025)	Estudo observacional; 28 incluídos, 25 concluíram	iCare HOME2 + aplicativo de smartphone	Autotonometria com transmissão remota dos resultados	Não houve diferença significativa em relação à GAT ($p=0,781$ e $p=0,888$); ICC de 0,907 e 0,830. 92% aprovaram o vídeo instrucional e 88% o aplicativo.	Direta – autotonometria integrada a smartphone/conectividade
Antwi-Adjei et al. (2026)	Estudo comparativo; 253 participantes	Melbourne Rapid Fields em tablet versus HFA	Avaliação portátil do campo visual	ICC de aproximadamente 0,55–0,65 para índices globais; maior perda de fixação com HFA ($p<0,001$), sem demonstração de intercambialidade automática entre os dispositivos.	Direta/complementar – dispositivo portátil digital

Fonte: dados da pesquisa (2026).

Quadro 3 - Mapa funcional e síntese crítica das evidências incluídas

Eixo	Estudos incluídos (n)	Benefícios demonstrados	Limitações predominantes	Aplicabilidade atual
Sensores contínuos de PIO	3	Maior resolução temporal e identificação de variações fisiológicas	amostras pequenas, invasividade, evidência experimental e ausência de desfechos de progressão	Promissora, complementar
Autotonometria e monitoramento domiciliar conectado	4	Deteção de picos fora da consulta, maior frequência de medidas e transmissão remota	treinamento, seleção do paciente, concordância variável e ausência de prova de superioridade clínica	Eixo clínico mais diretamente aplicável ao tema
Função visual portátil/domiciliar	5	Possibilidade de avaliações mais frequentes fora do consultório e boa concordância em estudos selecionados	fixação, aprendizado, ambiente, confiabilidade e intercambialidade	Aplicável em pacientes selecionados
Adesão terapêutica digital	2	Monitoramento objetivo e automatizado da utilização dos colírios por sensores e avaliação da adesão em contexto virtual	Evidência ainda limitada; autorrelato em parte dos dados e registro da manipulação do frasco não garante instilação correta ou benefício clínico	Promissora; o CASEA constitui aplicação direta de IoT
Telemonitoramento/teleoftalmologia	6	Ampliação do acesso, triagem e continuidade assistencial	falsos positivos, infraestrutura, acesso digital e seguimento incompleto	Infraestrutura complementar

Fonte: elaborado pelo autor (2026).





Sensores inteligentes para monitoramento contínuo da pressão intraocular:

Os estudos Nakazawa et al. (2022), Van den Bosch et al. (2021) e Campigotto, Campbell e Lai (2023) avaliaram diferentes tecnologias destinadas ao monitoramento contínuo ou prolongado da pressão intraocular (PIO), incluindo sensores em lentes de contato, microsensores telemétricos implantáveis e dispositivos microfluídicos. Embora apresentem diferentes níveis de desenvolvimento tecnológico e tenham sido avaliados em contextos distintos, os estudos demonstram o potencial do sensoriamento prolongado para caracterizar a dinâmica da PIO e identificar variações que podem não ser detectadas por medidas isoladas realizadas durante consultas convencionais.

Nakazawa et al. (2022) investigaram o perfil de 24 horas do sinal relacionado à PIO obtido por meio de sensor incorporado a lente de contato em indivíduos com glaucoma de tensão normal não tratado. Dos 82 participantes inicialmente avaliados, 63 apresentaram dados adequados para análise. Maiores valores de pressão arterial média estiveram associados a níveis noturnos mais elevados do sinal relacionado à PIO ($\beta = 0,273$; $p = 0,023$), além de maior variabilidade do sinal ao longo dos períodos diurno e noturno. Esses achados demonstram a capacidade da tecnologia de realizar monitoramento prolongado e caracterizar padrões do sinal relacionado à PIO ao longo de 24 horas.

Van den Bosch et al. (2021) avaliaram um microsensor telemétrico implantável em 11 pacientes, demonstrando sua capacidade de detectar alterações da PIO associadas à direção do olhar e ao fechamento palpebral. Durante a supravversão a 25°, foi observado aumento máximo médio de $4,4 \pm 4,9$ mmHg. Embora o dispositivo possibilite o registro de variações rápidas da PIO, seu caráter invasivo e o reduzido tamanho amostral limitam a generalização dos resultados e sua aplicabilidade clínica.

Na avaliação experimental de um protótipo de sensor microfluídico, Campigotto, Campbell e Lai (2023) utilizaram 12 olhos humanos cadavéricos submetidos a variações controladas da PIO. A deformação da córnea e da lente apresentou forte associação com as alterações pressóricas ($R^2 = 0,83$), enquanto a resposta do sensor foi de aproximadamente 0,40



mm/mmHg. Esses resultados demonstram a viabilidade mecânica do sistema para detectar alterações da PIO, embora sua avaliação em olhos cadavéricos corresponda a uma etapa pré-clínica, ainda sem validação clínica em pacientes.

Em conjunto, os três estudos evidenciam diferentes níveis de maturidade das tecnologias destinadas ao monitoramento contínuo ou prolongado da PIO, desde a validação experimental de protótipos até sistemas capazes de realizar registros por períodos prolongados e telemetria implantável. Apesar do potencial para aumentar a resolução temporal das medidas e caracterizar padrões de variação pressórica ao longo do dia, nenhum dos estudos demonstrou que essa maior capacidade de monitoramento resulte em redução da progressão estrutural ou funcional do glaucoma. Portanto, as evidências disponíveis sustentam a utilidade dessas tecnologias para ampliar a caracterização da dinâmica da PIO, mas ainda não permitem estabelecer benefícios clínicos de longo prazo em relação ao monitoramento convencional

Autotonometria domiciliar e monitoramento conectado:

As evidências relacionadas à autotonometria e ao monitoramento domiciliar conectado compreendem quatro estudos, publicados por McGlumphy et al. (2021), Kadambi et al. (2023), Stewart et al. (2024) e Quérat e Chen (2025). Os estudos contemplaram diferentes dimensões da utilização dessas tecnologias, incluindo desempenho técnico, usabilidade, adesão ao monitoramento domiciliar e integração com sistemas digitais.

Os achados de McGlumphy et al. (2021) e Kadambi et al. (2023) convergem quanto à utilidade da autotonometria para ampliar a caracterização da PIO fora do ambiente clínico, embora abordem aspectos distintos de sua aplicação. McGlumphy et al. (2021), ao analisarem 107 olhos de 61 pacientes submetidos há uma semana de autotonometria com o iCare HOME, observaram valores máximos mais elevados, mínimos mais baixos e maior amplitude da PIO nas medidas domiciliares em comparação às avaliações clínicas. Além disso, em 50% dos dias, os picos pressóricos ocorreram fora do horário habitual de atendimento, e, em 44% dos pacientes, a média dos picos domiciliares foi superior à maior PIO registrada em consultório.





Esses achados sugerem que a monitorização domiciliar pode revelar padrões pressóricos não captados pelas avaliações pontuais.

Essa perspectiva é reforçada por Kadambi et al. (2023), que investigaram a viabilidade da autotonometria após treinamento e encontraram forte correlação entre as medidas realizadas pelo profissional e pelo paciente ($r=0,90$), bem como entre a autotonometria e a tonometria de Goldmann ($r=0,79$). Entretanto, os limites de concordância foram amplos e apenas 37% dos olhos apresentaram sincronização dos picos pressóricos, indicando que a correlação entre métodos não implica necessariamente equivalência das medidas.

Dessa forma, enquanto McGlumphy et al. (2021) destacam a capacidade da autotonometria de ampliar a identificação de variações e picos da PIO, Kadambi et al. (2023) acrescentam que sua aplicabilidade depende da obtenção de medidas confiáveis e não deve ser interpretada como substituição da avaliação convencional. Em conjunto, os estudos sustentam a autotonometria como estratégia complementar, particularmente pela possibilidade de aumentar a frequência e a representatividade temporal das medidas da PIO. No entanto, as evidências disponíveis ainda não permitem estabelecer se a detecção de padrões pressóricos adicionais se traduz em melhores desfechos clínicos ou em menor progressão do glaucoma.

Os achados de Stewart et al. (2024) e Quérat e Chen (2025) reforçam que a viabilidade do monitoramento domiciliar da PIO depende não apenas da precisão dos dispositivos, mas também da capacidade de utilização pelos pacientes. No estudo I-TRAC, Stewart et al. (2024) observaram que, embora 95% dos 42 participantes tenham concluído as 12 semanas de acompanhamento com o iCare HOME2 e o aplicativo OKKO, apenas 55% alcançaram adesão $\geq 80\%$ aos dois dispositivos. Esse resultado complementa os achados de Kadambi et al. (2023), ao evidenciar que a disponibilidade da tecnologia não garante, isoladamente, sua utilização adequada e contínua. Por sua vez, Quérat e Chen (2025) demonstraram resultados favoráveis quanto à integração do iCare HOME2 a um aplicativo de smartphone: 25 dos 28 participantes concluíram o estudo, e não foram observadas diferenças significativas entre as medidas finais realizadas pelos pacientes e aquelas obtidas pela tonometria de Goldmann ($ICC = 0,907$ e $0,830$). A elevada satisfação com o vídeo instrucional (92%) e com o



aplicativo (88%) reforça a aceitabilidade da estratégia, embora 36% dos participantes ainda tenham manifestado preferência por treinamento presencial. Em conjunto, os estudos sugerem que treinamento, usabilidade e suporte ao paciente são componentes relevantes para a viabilidade e a adesão ao monitoramento domiciliar da PIO.

Em conjunto, os quatro estudos mostram que a autotonometria domiciliar permite ampliar a frequência das medidas, identificar alterações fora do ambiente clínico e incorporar transmissão digital dos dados. Entretanto, sua utilização depende da capacidade do paciente, da qualidade das medidas e da adesão ao protocolo, e ainda não há demonstração de superioridade quanto a desfechos clínicos de longo prazo.

Dispositivos portáteis e domiciliares para monitoramento da função visual:

Cinco estudos investigaram dispositivos portáteis ou domiciliares para avaliação da função visual: Jones et al. (2021), Johnson et al. (2023), Bradley et al. (2024), McLaughlin et al. (2024) e Antwi-Adjei et al. (2026), abrangendo diferentes níveis de validação e contextos de utilização. Em conjunto, os estudos contribuem para demonstrar não apenas a capacidade técnica dessas tecnologias, mas também os desafios relacionados à sua aplicação em diferentes populações e ambientes de monitoramento.

Bradley et al. (2024), no NOVA Trial, e Johnson et al. (2023) apresentaram os resultados mais favoráveis quanto à concordância entre dispositivos portáteis e a perimetria convencional. Bradley et al. (2024) encontraram elevada concordância entre o perímetro de realidade virtual Radius e o Humphrey Field Analyzer (HFA), tanto para o estadiamento ($\kappa=0,91-0,93$) quanto para o *mean deviation* ($r=0,94$). De forma semelhante, Johnson et al. (2023) observaram correlações elevadas ($r=0,94-0,95$) e ICC de 0,94–0,95 para os índices globais. Esses resultados reforçam a possibilidade de utilização de tecnologias portáteis para avaliação funcional, embora a maior variabilidade observada em determinados subgrupos indique que o desempenho não é necessariamente uniforme entre os pacientes.





Enquanto esses estudos enfatizaram a validade e a concordância, Jones et al. (2021) acrescentaram uma perspectiva importante sobre o monitoramento longitudinal domiciliar. Com o sistema Eyecatcher, os autores observaram aproximadamente 98% de adesão durante seis meses e correlação de $r=0,94$ com as avaliações clínicas. Além disso, a incorporação das medidas domiciliares reduziu a variabilidade entre os testes em 97% dos olhos, sugerindo que o aumento da frequência de avaliações pode contribuir para reduzir a variabilidade e aumentar a estabilidade das estimativas da função visual ao longo do tempo. Esse achado amplia a discussão ao indicar que o principal benefício dessas tecnologias pode não estar apenas na concordância com o exame convencional, mas também na possibilidade de obter maior quantidade de dados ao longo do tempo.

Por outro lado, McLaughlin et al. (2024) e Antwi-Adjei et al. (2026) evidenciaram que a utilização remota apresenta limitações que precisam ser consideradas. McLaughlin et al. (2024) observaram concordância satisfatória e boa confiabilidade teste-reteste, mas identificaram interferência de perdas de fixação e de fatores relacionados ao ambiente domiciliar. De maneira semelhante, Antwi-Adjei et al. (2026), ao comparar o Melbourne Rapid Fields (MRF) em tablet com o HFA, encontraram concordância apenas moderada para os índices globais ($ICC=0,55-0,65$) e maior proporção de exames não confiáveis com o MRF (57,8% versus 53,2%; $p<0,001$). Esses resultados contrapõem-se parcialmente aos elevados níveis de concordância observados por Bradley et al. (2024) e Johnson et al. (2023), demonstrando que a validade de uma tecnologia portátil não pode ser generalizada para diferentes dispositivos e contextos de uso.

Assim, os estudos se complementam ao mostrar que a importância dos dispositivos portáteis está em diferentes dimensões: Bradley et al. (2024) e Johnson et al. (2023) sustentam sua validade e concordância; Jones et al. (2021) demonstram o potencial do monitoramento domiciliar longitudinal; McLaughlin et al. (2024) evidenciam a influência do ambiente remoto e da fixação; e Antwi-Adjei et al. (2026) reforçam a necessidade de considerar a confiabilidade e o desempenho específico de cada dispositivo. Dessa forma, essas tecnologias apresentam potencial para descentralizar e ampliar a avaliação funcional do



glaucoma, mas as evidências atuais ainda não sustentam sua substituição indiscriminada pela perimetria convencional.

Sensores e tecnologias digitais aplicados à adesão terapêutica:

Dois estudos avaliaram a adesão terapêutica por abordagens distintas: Cheng et al. (2023) e Tabuchi et al. (2024). Cheng et al. (2023) acompanharam 78 pacientes em clínica virtual, dos quais 71 (91%) relataram boa adesão ao tratamento tópico. Entretanto, a avaliação foi baseada em autorrelato, não permitindo mensuração objetiva da administração dos colírios.

Tabuchi et al. (2024) investigaram o sistema CASEA, composto por acelerômetro acoplado ao frasco de colírio, armazenamento em nuvem e análise por inteligência artificial. Dos 61 participantes incluídos, 57 completaram o estudo. O sistema apresentou acurácia de 95,9% para tratamento bilateral e 95,6% para unilateral, além de identificar dificuldades relacionadas à autoaplicação.

Os estudos representam diferentes níveis de monitoramento digital: Cheng et al. (2023) utilizaram informações autorreferidas em ambiente virtual, enquanto Tabuchi et al. (2024) empregaram sensoriamento objetivo integrado à nuvem e inteligência artificial, configurando aplicação direta de IoT. Contudo, o registro da movimentação do frasco não confirma a instilação adequada nem seu impacto sobre o controle da doença. Assim, embora o monitoramento objetivo represente avanço tecnológico, ainda não há evidências de benefício sobre a progressão do glaucoma (Cheng et al., 2023; Tabuchi et al., 2024).

Telemonitoramento e teleoftalmologia como infraestrutura complementar:

Seis publicações avaliaram telemonitoramento e teleoftalmologia: Huther, Roh e Ramsey (2022), Newman-Casey et al. (2023), Balakrishnan et al. (2024), Owsley et al. (2024), Tan et al. (2024) e Newman-Casey et al. (2025). Esses estudos abordaram principalmente triagem, acesso, encaminhamento e continuidade do cuidado. Embora





apresentem relação indireta com sensores e IoT, esses estudos são relevantes por evidenciarem como os dados obtidos remotamente podem ser incorporados ao fluxo assistencial.

Balakrishnan et al. (2024) destacaram a dimensão diagnóstica, ao encontrarem concordância moderada entre avaliações por telemedicina e presenciais em 200 olhos ($\kappa=0,49$ e $\kappa=0,44$), sugerindo utilidade da modalidade remota, embora sem equivalência ao atendimento presencial. Em perspectiva complementar, Owsley et al. (2024) demonstraram o potencial da teleoftalmologia para ampliar o acesso à triagem, identificando doenças associadas ao glaucoma em cerca de 30% dos 500 participantes do AL-SIGHT; entretanto, 76,7% dos encaminhados compareceram ao seguimento.

Essa limitação também foi evidenciada por Newman-Casey et al. (2023) no MI-SIGHT, no qual aproximadamente 24% dos 1.171 participantes apresentaram glaucoma ou suspeita da doença, com encaminhamento de 41%. Posteriormente, Newman-Casey et al. (2025) demonstraram, em 3.714 indivíduos, que o comparecimento ao seguimento foi de 68% e que estratégias adicionais de coaching e educação personalizada não aumentaram significativamente essa adesão (61% versus 59%; $p=0,74$). Tan et al. (2024) acrescentaram outra dimensão ao identificar sensibilidade de 81,6% e especificidade de 50,6%, evidenciando que o aumento da capacidade de rastreamento pode ocorrer às custas de maior número de falsos positivos.

Por fim, Huther, Roh e Ramsey (2022) demonstraram a importância da telessaúde para a manutenção do acompanhamento durante a pandemia, avaliaram 1,843 pacientes dos quais 823 (45%) utilizaram telessaúde.

Em conjunto, os estudos mostram que a teleoftalmologia pode ampliar o acesso e facilitar a triagem, mas sua efetividade depende da qualidade da avaliação remota, do encaminhamento adequado e, sobretudo, da continuidade do cuidado.





Síntese crítica, limitações e perspectivas:

A análise das 20 publicações demonstra que as tecnologias avaliadas atuam em diferentes etapas do acompanhamento do glaucoma e apresentam distintos níveis de maturidade clínica. Sensores contínuos ampliam a caracterização temporal da PIO e de sinais relacionados a ela; a autotonometria aumenta a frequência das medidas domiciliares; dispositivos portáteis descentralizam a avaliação funcional; sistemas digitais permitem monitorar aspectos da adesão; e a teleoftalmologia contribui para triagem e continuidade do cuidado. Entretanto, essas aplicações ainda são predominantemente isoladas. O I-TRAC aproxima-se de um modelo multimodal ao integrar PIO e função visual, enquanto o CASEA combina sensoramento da utilização dos colírios, armazenamento em nuvem e inteligência artificial (Stewart et al., 2024; Tabuchi et al., 2024).

De modo geral, as evidências são mais consistentes para demonstrar viabilidade, concordância, aceitabilidade e implementação do que benefício clínico em longo prazo. McGlumphy et al. (2021) demonstraram que a autotonometria pode identificar picos pressóricos não observados em consulta, enquanto Kadambi et al. (2023) encontraram boa correlação com as medidas profissionais, porém concordância insuficiente para substituir a tonometria de Goldmann. Na avaliação funcional, Bradley et al. (2024) e Johnson et al. (2023) apresentaram resultados favoráveis, enquanto Jones et al. (2021), McLaughlin et al. (2024) e Antwi-Adjei et al. (2026) evidenciaram limitações relacionadas à confiabilidade e ao controle de qualidade. Assim, maior disponibilidade de dados ainda não significa redução comprovada da progressão estrutural ou funcional do glaucoma.

A utilização dessas tecnologias também depende do desempenho dos pacientes. Kadambi et al. (2023) observaram que 72,9% dos participantes treinados produziram leituras confiáveis, enquanto Stewart et al. (2024) verificaram adesão $\geq 80\%$ aos dois dispositivos em apenas 55% dos participantes. Quérat e Chen (2025) encontraram elevada aceitabilidade das ferramentas digitais, embora 36% ainda preferissem treinamento presencial. McLaughlin et al. (2024) e Antwi-Adjei et al. (2026) também identificaram dificuldades relacionadas à fixação e





à confiabilidade dos exames. Esses achados reforçam a importância do treinamento, suporte e seleção adequada dos pacientes.

Nos estudos de teleoftalmologia, Owsley et al. (2024) e Newman-Casey et al. (2023) demonstraram potencial para ampliar a triagem e o acesso, enquanto Newman-Casey et al. (2025) evidenciaram perdas no seguimento após o encaminhamento. Tan et al. (2024), por sua vez, encontraram elevada sensibilidade associada à especificidade limitada e baixo valor preditivo positivo. Portanto, a efetividade do acompanhamento remoto depende não apenas da obtenção dos dados, mas também de sua interpretação, encaminhamento e continuidade assistencial (Owsley et al., 2024; Newman-Casey et al., 2023; Newman-Casey et al., 2025; Tan et al., 2024).

Esta revisão apresenta limitações relacionadas à heterogeneidade dos desenhos, tecnologias, populações, comparadores e desfechos. Das 20 publicações, 19 envolveram participantes humanos e uma correspondeu a estudo experimental em olhos humanos cadavéricos. Parte dos trabalhos apresentou amostras reduzidas ou seguimento curto, e muitos avaliaram principalmente viabilidade, concordância ou implementação, sem utilizar progressão do glaucoma como desfecho principal. Publicações provenientes do mesmo programa, como o MI-SIGHT, também não representam evidências completamente independentes. Além disso, a exigência de texto integral aberto pode ter introduzido viés de disponibilidade. Essa heterogeneidade justificou a realização de síntese qualitativa, sem metanálise.

Estudos futuros devem avançar da validação tecnológica para a avaliação do impacto clínico longitudinal. Sensores contínuos e autotonometria devem ser investigados quanto à capacidade de prever progressão e modificar decisões terapêuticas; a perimetria domiciliar necessita de validação para detecção longitudinal e melhor controle automatizado de qualidade; e sistemas de adesão, como o CASEA, devem demonstrar se o monitoramento objetivo resulta em maior persistência terapêutica e melhor controle da doença. Também são necessários estudos que integrem diferentes componentes do acompanhamento e avaliem sua utilização sustentada na prática clínica.





4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em síntese, os 20 estudos demonstram que sensores inteligentes e tecnologias baseadas em Internet das Coisas (Iot) tem potencial para modificar o acompanhamento do glaucoma, ao ampliar a frequência, a continuidade e a descentralização da coleta de dados clínicos

A autotonometria domiciliar apresentou evidências mais consistentes quanto à viabilidade e à capacidade de identificar variações da pressão intraocular (PIO) que podem não ser captadas pelas avaliações pontuais em ambiente clínico. Da mesma forma, sensores vestíveis e implantáveis, dispositivos portáteis para avaliação da função visual e sistemas digitais voltados à adesão terapêutica demonstraram avanços relevantes, embora ainda apresentem limitações relacionadas à confiabilidade, usabilidade, adesão, invasividade e validação clínica.

Entretanto, a maior disponibilidade de dados não representa, necessariamente, maior benefício clínico. O principal desafio atual consiste em estabelecer quais informações obtidas por essas tecnologias possuem relevância para a tomada de decisão, como devem ser integradas ao acompanhamento oftalmológico e se sua utilização é capaz de modificar a evolução da doença. Até o momento, as evidências não demonstram de forma consistente que o monitoramento conectado reduza a progressão estrutural ou funcional do glaucoma ou produza melhores desfechos visuais.

Dessa forma, as tecnologias avaliadas devem ser compreendidas como ferramentas complementares ao seguimento oftalmológico convencional, com potencial para favorecer uma abordagem mais contínua, individualizada e orientada por dados. Estudos prospectivos, longitudinais e multicêntricos são necessários para determinar seu impacto sobre desfechos clínicos, segurança, adesão, custo-efetividade e qualidade de vida, além de estabelecer critérios para sua incorporação efetiva à prática clínica. O avanço dessas tecnologias dependerá, portanto, não apenas da capacidade de coletar mais dados, mas de demonstrar que





esses dados são clinicamente úteis e capazes de melhorar o cuidado e os resultados dos pacientes com glaucoma.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 657, de 24 de março de 2022. Dispõe sobre a regularização de software como dispositivo médico (Software as a Medical Device – SaMD). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 30 mar. 2022a. Disponível em: <https://anvisa.gov.br/legis/datalegis.net/action/ActionDatalegis.php?acao=abrirTextoAto&tipo=RDC&numeroAto=00000657&seqAto=000&valorAno=2022&orgao=RDC/DC/ANVISA/MS>. Acesso em: 22 ago. 2026.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 751, de 15 de setembro de 2022. Dispõe sobre a classificação de risco, os regimes de notificação e de registro, e os requisitos de rotulagem e instruções de uso de dispositivos médicos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 21 set. 2022b. Disponível em: <https://anvisa.gov.br/legis/datalegis.net/action/ActionDatalegis.php?acao=abrirTextoAto&tipo=RDC&numeroAto=00000751&seqAto=000&valorAno=2022>. Acesso em: 22 ago. 2026.

ANTWI-ADJEI, E. K. et al. A comparative analysis of visual field test results using tablet-based and table-mounted devices in a telemedicine program set in underserved areas. *Translational Vision Science & Technology*, v. 15, n. 3, p. 29, 2026. DOI: 10.1167/tvst.15.3.29.

BALAKRISHNAN, P. et al. Comparison of glaucoma diagnosis by telemedicine, in-person ophthalmologist, and optometrist. *Journal of Glaucoma*, v. 33, n. 9, p. 619-623, 2024. DOI: 10.1097/IJG.0000000000002456.

BOURNE, R. R. A. et al. Causes of blindness and vision impairment in 2020 and trends over 30 years, and prevalence of avoidable blindness in relation to VISION 2020: the Right to Sight: an analysis for the Global Burden of Disease Study. *The Lancet Global Health*, v. 9, n. 2, p. e144-e160, 2021. DOI: 10.1016/S2214-109X(20)30489-7.





BRADLEY, C. et al. Validation of a wearable virtual reality perimeter for glaucoma staging, the NOVA Trial: novel virtual reality field assessment. *Translational Vision Science & Technology*, v. 13, n. 3, p. 10, 2024. DOI: 10.1167/tvst.13.3.10.

BRASIL. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 15 ago. 2018. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm. Acesso em: 22 ago. 2026.

BRASIL. Lei nº 14.510, de 27 de dezembro de 2022. Altera a Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990, para autorizar e disciplinar a prática da telessaúde em todo o território nacional. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 dez. 2022. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/l14510.htm. Acesso em: 22 ago. 2026.

CAMPIGOTTO, A.; CAMPBELL, R. J.; LAI, Y. Correlation between corneal and contact lens deformation with changes in intraocular pressure for wearable monitoring systems. *Eye*, v. 37, n. 10, p. 2055-2060, 2023. DOI: 10.1038/s41433-022-02285-y.

CHAUHAN, B. C. et al. Practical recommendations for measuring rates of visual field change in glaucoma. *British Journal of Ophthalmology*, v. 92, n. 4, p. 569-573, 2008. DOI: 10.1136/bjo.2007.135012.

CHENG, K. K. W.; YOUNG, S. L.; DONALDSON, S.; MALCOLM, T. R.; TATHAM, A. J. Adherence to topical glaucoma therapy in patients attending virtual clinics. *Eye*, v. 37, n. 9, p. 1922-1927, 2023. DOI: 10.1038/s41433-022-02277-y.

CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA (Brasil). Resolução CFM nº 2.314, de 20 de abril de 2022. Define e regulamenta a telemedicina como forma de serviços médicos mediados por tecnologias de comunicação. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 5 maio 2022. Disponível em: <https://sistemas.cfm.org.br/normas/visualizar/resolucoes/BR/2022/2314>. Acesso em: 22 ago. 2026.

ERRAS, A.; SHAHRVINI, B.; WEINREB, R. N.; BAXTER, S. L. Review of glaucoma medication adherence monitoring in the digital health era. *British Journal of Ophthalmology*, v. 107, n. 2, p. 153-159, 2023. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2020-317918.





HUTHER, A.; ROH, S.; RAMSEY, D. J. Factors that affect telehealth utilization and in-person glaucoma care during the COVID-19 pandemic. *Ophthalmology Glaucoma*, v. 5, n. 6, p. 681-683, 2022. DOI: 10.1016/j.ogla.2022.07.006.

JOHNSON, C. et al. Comparison of visual field test measurements with a novel approach on a wearable headset to standard automated perimetry. *Journal of Glaucoma*, v. 32, n. 8, p. 647-657, 2023. DOI: 10.1097/IJG.0000000000002238.

JONES, P. R. et al. Glaucoma home monitoring using a tablet-based visual field test (Eyecatcher): an assessment of accuracy and adherence over 6 months. *American Journal of Ophthalmology*, v. 223, p. 42-52, 2021. DOI: 10.1016/j.ajo.2020.08.039.

KADAMBI, S. V. et al. Clinical utility, feasibility of home tonometry using iCare HOME by glaucoma patients. *Indian Journal of Ophthalmology*, v. 71, n. 7, p. 2727-2732, 2023. DOI: 10.4103/IJO.IJO_147_23.

KASS, M. A. et al. The Ocular Hypertension Treatment Study: a randomized trial determines that topical ocular hypotensive medication delays or prevents the onset of primary open-angle glaucoma. *Archives of Ophthalmology*, v. 120, n. 6, p. 701-713, 2002. DOI: 10.1001/archopht.120.6.701.

LESKE, M. C. et al. Factors for glaucoma progression and the effect of treatment: the Early Manifest Glaucoma Trial. *Archives of Ophthalmology*, v. 121, n. 1, p. 48-56, 2003. DOI: 10.1001/archopht.121.1.48.

LIU, J. H. K.; BOULIGNY, R. P.; KRIPKE, D. F.; WEINREB, R. N. Nocturnal elevation of intraocular pressure is detectable in the sitting position. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, v. 44, n. 10, p. 4439-4442, 2003. DOI: 10.1167/iovs.02-1473.

MANSOURI, K.; MEDEIROS, F. A.; TAFRESHI, A.; WEINREB, R. N. Continuous 24-hour monitoring of intraocular pressure patterns with a contact lens sensor: safety, tolerability, and reproducibility in patients with glaucoma. *Archives of Ophthalmology*, v. 130, n. 12, p. 1534-1539, 2012. DOI: 10.1001/archophthalmol.2012.228.





MCGLUMPHY, E. J.; MIHAİLOVIC, A.; RAMULU, P. Y.; JOHNSON, T. V. Home self-tonometry trials compared with clinic tonometry in patients with glaucoma. *Ophthalmology Glaucoma*, v. 4, n. 6, p. 569-580, 2021. DOI: 10.1016/j.ogla.2021.03.017.

MCLAUGHLIN, D. E. et al. Reliability of visual field testing in a telehealth setting using a head-mounted device: a pilot study. *Journal of Glaucoma*, v. 33, n. 1, p. 15-23, 2024. DOI: 10.1097/IJG.0000000000002290.

MONSÁLVEZ-ROMÍN, D. et al. Current and emerging technologies for continuous intraocular pressure monitoring in the control of glaucoma progression: a scoping review. *Journal of Clinical Medicine*, v. 14, n. 24, p. 8795, 2025. DOI: 10.3390/jcm14248795.

NAKAZAWA, K. et al. Association of ambulatory blood pressure and other factors with intraocular pressure-related 24-hour contact lens sensor profile in untreated glaucoma. *Translational Vision Science & Technology*, v. 11, n. 10, p. 18, 2022. DOI: 10.1167/tvst.11.10.18.

NEWMAN-CASEY, P. A. et al. Michigan Screening and Intervention for Glaucoma and Eye Health through Telemedicine Program: first-year outcomes and implementation costs. *American Journal of Ophthalmology*, v. 251, p. 43-51, 2023. DOI: 10.1016/j.ajo.2023.02.026.

NEWMAN-CASEY, P. A. et al. Michigan Screening and Intervention for Glaucoma and Eye Health through Telemedicine Program: impact on vision, follow-up, and costs. *Ophthalmology*, v. 132, n. 9, p. 1033-1044, 2025. DOI: 10.1016/j.ophtha.2025.04.027.

OWSLEY, C. et al. Alabama Screening and Intervention for Glaucoma and Eye Health through Telemedicine (AL-SIGHT): baseline results. *American Journal of Ophthalmology*, v. 257, p. 66-75, 2024. DOI: 10.1016/j.ajo.2023.09.001.

PAGE, M. J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, v. 372, p. n71, 2021. DOI: 10.1136/bmj.n71.

PONS-TALAYA, C. et al. Effectiveness and accuracy of iCare HOME tonometer in glaucoma patients: a systematic review. *American Journal of Ophthalmology*, v. 282, p. 69-81, 2026. DOI: 10.1016/j.ajo.2025.10.008.





QUÉRAT, L.; CHEN, E. Self-monitoring of the intraocular pressure with ICARE® HOME2 and a smartphone application: feasibility and acceptability. *Acta Ophthalmologica*, v. 103, n. 1, p. 109-114, 2025. DOI: 10.1111/aos.16789.

SOH, Z. et al. The global extent of undetected glaucoma in adults: a systematic review and meta-analysis. *Ophthalmology*, v. 128, n. 10, p. 1393-1404, 2021. DOI: 10.1016/j.ophtha.2021.04.009.

STEWART, C. et al. Feasibility of in-home monitoring for people with glaucoma: the I-TRAC mixed-methods study. *Health Technology Assessment*, v. 28, n. 44, p. 1-163, 2024. DOI: 10.3310/GTWD6802.

TABUCHI, H. et al. Real-world evaluation of novel eye drop bottle sensors: cloud-based AI support for eye drop adherence. *Heliyon*, v. 10, n. 14, e34167, 2024. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e34167.

TAN, R. et al. Evaluating the outcome of screening for glaucoma using colour fundus photography-based referral criteria in a teleophthalmology screening programme for diabetic retinopathy. *British Journal of Ophthalmology*, v. 108, n. 7, p. 933-939, 2024. DOI: 10.1136/bjo-2023-323339.

THAM, Y. C. et al. Global prevalence of glaucoma and projections of glaucoma burden through 2040: a systematic review and meta-analysis. *Ophthalmology*, v. 121, n. 11, p. 2081-2090, 2014. DOI: 10.1016/j.ophtha.2014.05.013.

THE AGIS INVESTIGATORS. The Advanced Glaucoma Intervention Study (AGIS): 7. The relationship between control of intraocular pressure and visual field deterioration. *American Journal of Ophthalmology*, v. 130, n. 4, p. 429-440, 2000. DOI: 10.1016/s0002-9394(00)00538-9.

VAN DEN BOSCH, J. J. O. N. et al. Implanted microsensor continuous IOP telemetry suggests gaze and eyelid closure effects on IOP: a preliminary study. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, v. 62, n. 6, p. 8, 2021. DOI: 10.1167/iovs.62.6.8.

Recebido em: 03/09/2026

Aprovado em: 19/09/2026

Publicado em: 07/10/2026

Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v. 4 n. 10 (2026) - ISSN 2965-2634

A Revista *OWL Journal* está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição (CC BY)

