

## Inovações e avanços em lentes intraoculares: uma revisão de literatura

Innovations and advances in intraocular lenses: a literature review

Innovaciones y avances en lentes intraoculares: revisión bibliográfica

Hermann Madeiro Neto<sup>1</sup>, Ítalo de Deus Rios Bastos<sup>2</sup>, Mariana Lima Madeiro<sup>3</sup>, Marco Aurélio Correia Martins<sup>4</sup>, Allan Victor Bastos Germano<sup>5</sup> e José Stênio Sampaio Bastos Neto<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Graduado em Medicina e Residente em Oftalmologia pela Fundação João Carlos Lyra, Maceió, Alagoas. ORCID: 0009-0008-4400-6478. E-mail: hmadeiro1@gmail.com;

<sup>2</sup>Graduado em Medicina e Residente em Oftalmologia pela Fundação Leiria de Andrade, Fortaleza, Ceará. ORCID: 0009-0004-8614-4554. E-mail: italoriosbastos@gmail.com;

<sup>3</sup>Graduada em Medicina e Residente em Oftalmologia pelo Hospital CEMA, São Paulo, São Paulo. ORCID: 0009-0000-0960-5418. E-mail: marianamadeiro@outlook.com;

<sup>4</sup>Graduado em Medicina e Residente em Oftalmologia pela Fundação Leiria de Andrade, Fortaleza, Ceará. ORCID: 0009-0007-2211-0250. E-mail: marcoaurelio1@gmail.com;

<sup>5</sup>Graduando em Medicina pela Universidade Nilton Lins, Manaus, Amazonas. ORCID: 0009-0005-8398-9102. E-mail: allanbastos28@hotmail.com;

<sup>6</sup>Graduado em Medicina e Residente em Oftalmologia pela Fundação João Carlos Lyra, Maceió, Alagoas. ORCID: 0009-0001-9900-4217. E-mail: stenio141097@hotmail.com;

**Resumo-** Este artigo apresenta uma revisão da literatura sobre as inovações e avanços recentes em lentes intraoculares, uma área de crescente interesse na oftalmologia. O objetivo deste estudo é explorar os desenvolvimentos mais recentes e as tecnologias emergentes em LIOs, com foco especial em sua aplicação em cirurgias de catarata e correções de erros refrativos. Na metodologia, foi realizada uma busca em bases de dados científicos, incluindo PubMed, Scopus e Web of Science, considerando publicações dos últimos dez anos. Foram selecionados artigos que discutem avanços tecnológicos, materiais inovadores, desenhos de lentes e resultados clínicos de LIOs, se baseando na relevância para o campo, inovações apresentadas e impacto clínico. Os resultados obtidos destacam avanços significativos nas LIOs, com o desenvolvimento de lentes multifocais, tóricas e acomodativas. Foi observada uma melhora na qualidade de visão e na satisfação do paciente, especialmente em condições de baixa luminosidade. Outrossim, novos materiais e designs estão sendo explorados para minimizar complicações, como opacificação da cápsula posterior e disfontopsias. Os estudos também apontam para a importância da personalização das LIOs, levando em consideração características individuais do paciente. Em conclusão, esta revisão literária ressalta o dinamismo e o potencial transformador das inovações em LIOs, com implicações significativas para o futuro da cirurgia refrativa e tratamento de catarata.

**Palavras chave:** Catarata; Tecnologia Oftálmica; Implantes Oculares; Avanço Cirúrgico; Correção de Visão.

**Abstract-** This article presents a review of the literature on recent innovations and advances in intraocular lenses, an area of growing interest in ophthalmology. The aim of this study is to explore the latest developments and emerging technologies in IOLs, with a special focus on their application in cataract surgery and refractive error correction. In the methodology, a search was carried out in scientific databases, including PubMed, Scopus and Web of Science, considering publications from the last ten years. Articles discussing technological advances, innovative materials, lens designs and clinical results of IOLs were selected, based on relevance to the field, innovations presented and clinical impact. The results obtained highlight significant advances in IOLs, with the development of multifocal, toric and accommodative lenses. Improvements in quality of vision and patient satisfaction have been observed, especially in low light conditions. Furthermore, new materials and designs are being explored to minimize complications such as opacification of the posterior capsule and dysphotopsia. The studies also point to the importance of customizing IOLs, taking into account individual patient characteristics. In conclusion, this literature review highlights the dynamism and transformative potential of innovations in IOLs, with significant implications for the future of refractive surgery and cataract treatment.

**Key words:** Cataract; Ophthalmic Technology; Eye Implants; Surgical Advancement; Vision Correction.

**Resumen-** Este artículo presenta una revisión de la literatura sobre innovaciones y avances recientes en lentes intraoculares, un área de creciente interés en oftalmología. El objetivo de este estudio es explorar los últimos avances y las tecnologías emergentes en las LIO, con especial atención a su aplicación en la cirugía de cataratas y la corrección de defectos refractivos. En la metodología, se realizó una búsqueda en bases de datos científicas, incluyendo PubMed, Scopus y Web of Science, considerando publicaciones de los últimos diez años. Se seleccionaron artículos que discutían avances tecnológicos, materiales innovadores, diseños de lentes y resultados clínicos de LIOs, basándose en la relevancia para el campo, las



innovaciones presentadas y el impacto clínico. Los resultados obtenidos ponen de relieve avances significativos en las LIO, con el desarrollo de lentes multifocales, tóricas y acomodativas. Se han observado mejoras en la calidad de visión y la satisfacción de los pacientes, especialmente en condiciones de poca luz. Además, se están explorando nuevos materiales y diseños para minimizar complicaciones como la opacificación de la cápsula posterior y la disfotopsia. Los estudios también señalan la importancia de personalizar las LIO, teniendo en cuenta las características individuales de cada paciente. En conclusión, esta revisión bibliográfica pone de relieve el dinamismo y el potencial transformador de las innovaciones en LIO, con importantes implicaciones para el futuro de la cirugía refractiva y el tratamiento de la catarata.

**Palabras clave:** Cataratas; Tecnología oftálmica; Implantes oculares; Avances quirúrgicos; Corrección de la visión.

## INTRODUÇÃO

No cenário contemporâneo da oftalmologia, as lentes intraoculares (LIOs) destacam-se como uma inovação na correção de deficiências visuais, especialmente no manejo de condições como a catarata e a presbiopia. Estas doenças, prevalentes em grande parte da população, especialmente entre os mais velhos, impactam a qualidade de vida dos indivíduos.

A catarata é caracterizada pela opacificação da lente natural do olho, e a presbiopia, um declínio relacionado à idade na capacidade de focar objetos próximos, podem comprometer severamente a visão. As LIOs representam uma evolução significativa, oferecendo uma alternativa eficaz à lente ocular danificada por estas patologias, proporcionando aos pacientes a oportunidade de recuperar uma visão clara e funcional (GONZAGA *et al.*, 2021).

A trajetória de desenvolvimento das LIOs é marcada por avanços tecnológicos expressivos. As primeiras versões dessas lentes eram relativamente rudimentares, limitadas em termos de funcionalidade e conforto. No entanto, ao longo dos anos, houve um progresso substancial tanto no design quanto na composição das LIOs (DHALLU, 2015).

Os materiais modernos usados na fabricação das lentes intraoculares, como o acrílico hidrofóbico e o silicone, são notáveis pela sua biocompatibilidade, reduzindo o risco de rejeição e inflamação. Além disso, o design das LIOs tem sido aprimorado para se adequar de forma mais harmônica à anatomia do olho humano, resultando em uma integração mais natural e confortável (KARAYILAN; CLAMEN; BECKER, 2021).

Estes avanços refletem-se diretamente na qualidade dos procedimentos cirúrgicos envolvendo LIOs. As técnicas cirúrgicas atuais, mais refinadas e precisas, permitem a

inserção das LIOs de forma menos invasiva, com incisões menores e menor risco de complicações. Isso se traduz em uma recuperação mais rápida e menos dolorosa para os pacientes. Além disso, com as melhorias no design das lentes, os pacientes beneficiam-se de uma visão mais próxima do natural, muitas vezes com maior nitidez e amplitude de foco do que antes da cirurgia.

Importante destacar que, em meio a esses avanços, a personalização das LIOs tornou-se um aspecto central. As lentes estão disponíveis em diferentes tipos, como as monofocais, que corrigem a visão para uma distância fixa, e as multifocais ou acomodativas, que proporcionam uma gama mais ampla de visão, de perto a longe. Esta variedade permite que os cirurgiões oftalmológicos escolham a LIO mais adequada às necessidades específicas de cada paciente, levando em conta não apenas a condição ocular, mas também o estilo de vida e as preferências visuais do indivíduo.

Neste contexto, o objetivo deste estudo é proporcionar uma perspectiva sobre as lentes intraoculares, desde sua concepção inicial até as mais recentes inovações, analisando como esses avanços têm impactado o tratamento de doenças oculares. Para tal, será realizada uma revisão de artigos científicos, estudos clínicos e publicações acadêmicas relevantes, priorizando fontes de alta credibilidade e atualidade.

A justificativa para tal investigação se encontra na relevância das LIOs para a melhoria da qualidade de vida de milhões de indivíduos ao redor do mundo. A catarata, por exemplo, é uma das principais causas de cegueira reversível, e a substituição da lente natural do olho por uma LIO se mostra como um tratamento eficiente. Além disso, a presbiopia, condição associada ao envelhecimento do cristalino, tem encontrado nas LIOs multifocais e acomodativas uma resposta promissora.



Para isso, será realizada uma busca em bases de dados renomadas, como PubMed, Scopus e Web of Science. Essas plataformas são amplamente reconhecidas por hospedarem um acervo de publicações científicas de alta qualidade, abrangendo diversos aspectos da medicina e áreas correlatas, incluindo avanços em oftalmologia e tecnologias de LIOs.

Neste processo, será dada ênfase à utilização de palavras-chave cuidadosamente selecionadas e relevantes ao tema. Termos como "lentes intraoculares", "catarata", "presbiopia", "tecnologia de LIOs", "biocompatibilidade de lentes", entre outros, serão utilizados na pesquisa.

Para assegurar a atualidade e relevância do material compilado, a pesquisa se concentrará em artigos científicos publicados nos últimos dez anos. Esta delimitação temporal objetiva refletir os avanços mais recentes na tecnologia das LIOs, considerando a rápida evolução neste campo. Ademais, a escolha por um período de dez anos oferece um equilíbrio entre a obtenção de informações contemporâneas e a inclusão de estudos que possam ter estabelecido fundamentos importantes ou tendências a longo prazo na área.

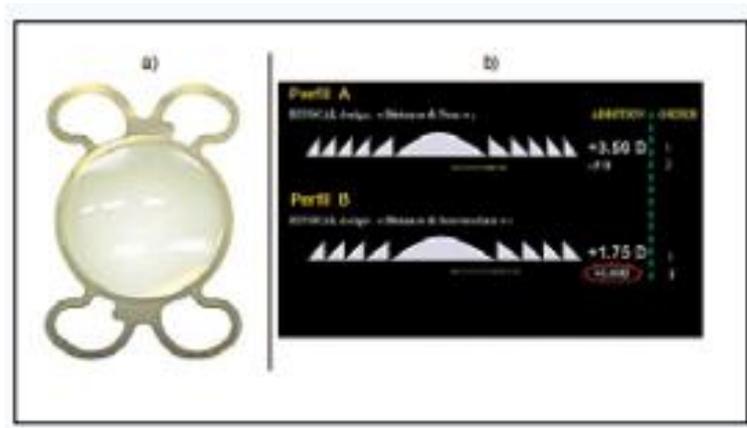
Após a coleta dos artigos, os dados foram submetidos a uma análise qualitativa, envolvendo uma leitura crítica e a interpretação dos resultados e discussões apresentadas nos estudos, assim, identificando as tendências emergentes, os desafios enfrentados pelos pesquisadores e clínicos, bem como as oportunidades que as novas tecnologias e abordagens em LIOs podem oferecer. Será dada especial atenção às inovações na área, aos resultados de ensaios clínicos, estudos de caso, e revisões de tecnologias já existentes.

## DESENVOLVIMENTO DE LENTES INTRAOCULARES

O desenvolvimento de LIOs (Figura 1) representa um marco no tratamento de condições oculares como a catarata. Desde a sua introdução, as LIOs sofreram uma evolução notável, passando por várias gerações e incorporando avanços tecnológicos que melhoraram

substancialmente sua eficácia e segurança (LENS, 2019).

Figura 1: LIOs



Fonte: Caballero, Molina Cañero e Piñero (2015).

Na primeira geração de LIOs, os materiais e o design eram relativamente primitivos. Estas primeiras lentes eram tipicamente feitas de vidro ou de um plástico rígido, como o PMMA (polimetilmetacrilato), e seu design era bastante básico. Eram eficazes em restaurar a visão após a remoção da lente natural opacificada pela catarata, mas tinham limitações significativas, como a necessidade de grandes incisões cirúrgicas para sua implantação, o que aumentava o risco de complicações e o tempo de recuperação (KAPOOR; GUPTA, 2020).

Com o avanço da tecnologia, os materiais utilizados na fabricação das LIOs evoluíram. O silicone e o acrílico hidrofóbico tornaram-se populares devido à sua flexibilidade, permitindo que as lentes fossem dobradas ou enroladas para inserção através de incisões menores. Isso reduziu significativamente os riscos cirúrgicos e acelerou a recuperação dos pacientes. Além disso, esses materiais apresentam uma biocompatibilidade superior, reduzindo o risco de rejeição e outras complicações pós-operatórias (GARTAGANIS et al., 2016).

Consoante Alio (2017), além da melhoria dos materiais, houve avanços significativos no design e na funcionalidade das LIOs. As lentes multifocais e as lentes com capacidade de acomodação foram desenvolvidas para proporcionar uma visão mais natural e a capacidade de focar em diferentes distâncias, uma tentativa de imitar a funcionalidade da lente natural do olho. Esses avanços foram

particularmente benéficos para pacientes que desejam diminuir sua dependência de óculos após a cirurgia de catarata.

Outro avanço importante foi a introdução de tecnologias que permitem um ajuste mais preciso das LIOs após a cirurgia. Por exemplo, algumas lentes intraoculares modernas podem ser ajustadas usando luz ultravioleta ou outros métodos após a implantação, permitindo que os médicos refinem a prescrição óptica para melhor atender às necessidades individuais do paciente (DICK; GERSTE, 2021).

O impacto desses avanços tecnológicos na performance das LIOs tem sido profundo. A precisão visual melhorou, as taxas de complicação diminuíram, e o conforto e a satisfação dos pacientes aumentaram significativamente. Além disso, as inovações continuam a emergir, com pesquisas em áreas como materiais bioinspirados e integração de microeletrônica nas LIOs, prometendo uma era ainda mais avançada de correção da visão.

## TIPOS DE LENTES INTRAOCULARES

Os tipos de lentes intraoculares representam uma área de grande interesse e inovação na oftalmologia, oferecendo diversas soluções para a correção de problemas de visão, individualmente após a cirurgia de catarata. A escolha da LIO adequada depende de vários fatores, incluindo as necessidades específicas de visão do paciente e a presença de condições oftalmológicas.

As lentes monofocais representam o tipo mais comum de LIOs utilizadas em cirurgias de catarata e correção visual. Essas lentes são projetadas para fornecer uma visão clara e nítida em uma única distância fixa. Na maioria dos casos, elas são ajustadas para focar em visão de longe, o que é ideal para atividades como dirigir ou assistir televisão (KHANDELWAL et al., 2019).

No entanto, uma limitação significativa das lentes monofocais é que os pacientes geralmente ainda precisam de óculos para leitura ou para realizar tarefas que envolvem objetos próximos. Apesar dessa limitação, as lentes monofocais são escolhidas por muitos devido à sua

simplicidade, eficácia e por proporcionarem uma visão clara e estável, sendo adequadas para a maioria das atividades cotidianas (SILVA et al., 2016).

Por outro lado, conforme Reinhard (2021), as lentes multifocais apresentam um design avançado, visando oferecer correção visual em múltiplas distâncias. Estas lentes são equipadas com zonas distintas que permitem aos pacientes ver claramente objetos que estão próximos, a uma distância intermediária e também longe. Este tipo de lente é particularmente benéfico para aqueles que desejam reduzir ou eliminar completamente a dependência de óculos para diversas atividades, como ler, usar o computador ou dirigir.

No entanto, é importante notar que as lentes multifocais podem requerer um período de adaptação. Alguns pacientes podem experimentar fenômenos visuais como halos ou brilhos ao redor das luzes, principalmente à noite, que são efeitos colaterais comuns durante a fase de ajuste à nova visão multifocal. Esses efeitos geralmente diminuem com o tempo, à medida que o cérebro se adapta às novas condições visuais (ALIO et al., 2017).

As lentes tóricas são outra inovação importante no campo das LIOs. Elas são especialmente desenhadas para corrigir o astigmatismo, uma condição comum onde a córnea tem uma forma irregular, levando a uma visão distorcida ou borrada. As lentes tóricas têm curvaturas diferentes em diferentes meridianos da lente, o que ajuda a compensar a irregularidade da córnea e proporcionar uma visão mais nítida. Estas lentes têm sido uma benção para pacientes com astigmatismo significativo, que antes tinham opções limitadas para a correção visual após a cirurgia de catarata (KAUR et al., 2017).

Para Alió, Barrio e Vega-Estrada (2017), As inovações em lentes acomodativas e dinâmicas representam o que há de mais avançado em tecnologia de LIOs. As lentes acomodativas são projetadas para imitar a capacidade do olho humano de mudar o foco entre objetos próximos e distantes. Elas conseguem isso através de um design que permite que a lente se mova ou mude de forma dentro do olho, ajustando o foco. Embora promissoras, estas lentes ainda estão em desenvolvimento e os resultados variam entre os pacientes.



As lentes dinâmicas são um conceito ainda mais avançado, incorporando tecnologias como microeletrônica e materiais inteligentes para criar LIOs que podem se ajustar dinamicamente às mudanças nas necessidades de visão. Essas lentes podem potencialmente oferecer uma visão perfeita em todas as distâncias e condições, ajustando-se automaticamente com base em dados como a distância do objeto observado e as condições de iluminação. No entanto, essas tecnologias ainda estão em estágios experimentais e podem levar algum tempo para se tornarem amplamente disponíveis (PEPOSE; BURKE; QAZI, 2017).

## IMPLANTAÇÃO E RESULTADOS CLÍNICOS

Os procedimentos de implantação de LIOs sofreram avanços significativos nas últimas décadas, evoluindo para técnicas minimamente invasivas que melhoram os resultados e diminuem os riscos. Tradicionalmente, a cirurgia de catarata envolvia a remoção da lente natural opaca e a substituição por uma LIO através de uma incisão relativamente grande no olho.

No entanto, com o advento de técnicas como a facoemulsificação, tornou-se possível fragmentar e remover a lente opaca usando ultrassom, permitindo a inserção da LIO através de uma incisão muito menor. Esta técnica reduz significativamente o trauma cirúrgico, acelera a recuperação e diminui o risco de complicações como astigmatismo induzido pela cirurgia (UNSAI; SABUR, 2021).

Além disso, a tecnologia assistida por laser, conhecida como cirurgia de catarata a laser, representa um avanço ainda maior. Esta técnica utiliza um laser de femtossegundo para realizar partes da cirurgia, como a criação da incisão corneana e a fragmentação da lente, com precisão extremamente alta. Isso minimiza ainda mais o trauma ocular e melhora a precisão do procedimento, resultando em resultados visuais superiores para muitos pacientes (SAHLER et al., 2016).

Após a implantação de uma LIO, a avaliação de sua segurança e eficácia é um componente essencial do acompanhamento clínico. A segurança é avaliada observando-se a ocorrência de complicações pós-

operatórias, como inflamação, aumento da pressão intraocular, deslocamento da lente ou infecção. Graças aos avanços nas técnicas de implantação e na qualidade das LIOs, as taxas de complicações têm diminuído significativamente ao longo dos anos (TRIVEDI; WILSON, 2022).

Segundo Rementería-Capelo (2019), a eficácia das LIOs é avaliada com base na melhoria da acuidade visual e na satisfação do paciente. A maioria dos pacientes experimenta uma melhora significativa na visão após a cirurgia de catarata, muitas vezes retornando a uma visão próxima do normal. No entanto, a eficácia também depende do tipo de LIO escolhida - monofocal, multifocal, tórica, acomodativa etc. - e de como ela se adapta às necessidades individuais do paciente.

Por exemplo, enquanto as lentes monofocais podem proporcionar uma visão excelente à distância, elas não corrigem a presbiopia, o que pode requerer o uso de óculos para leitura. Por outro lado, as lentes multifocais podem reduzir a dependência de óculos, mas às vezes podem causar fenômenos ópticos como halos ou brilhos.

Igualmente, as avaliações a longo prazo das LIOs são fundamentais para entender sua durabilidade e desempenho ao longo do tempo. Questões como a opacificação da cápsula posterior, que pode ocorrer anos após a cirurgia, são monitoradas de perto. Novas tecnologias e materiais estão constantemente sendo desenvolvidos para aumentar a longevidade e a funcionalidade das LIOs, melhorando ainda mais os resultados clínicos para os pacientes.

## DESAFIOS E LIMITAÇÕES

Enquanto as LIOs representam um avanço significativo no tratamento de condições como a catarata, existem várias questões que os médicos e pesquisadores continuam a enfrentar para otimizar a adaptação, compatibilidade e eficácia desses implantes.

Consoante Rementería-Capelo (2019), um dos principais desafios na implantação de lentes intraoculares reside na garantia de uma adaptação e compatibilidade



adequadas com a anatomia ocular individual de cada paciente. A singularidade de cada olho, caracterizada por variações no tamanho, forma e outras peculiaridades fisiológicas, influencia significativamente o assentamento e a funcionalidade da LIO. Desafios específicos emergem na fase de implantação, particularmente no que concerne ao posicionamento exato da lente no interior do olho. Este aspecto é crítico para assegurar que a lente funcione conforme o esperado, proporcionando a correção visual desejada.

A problemática do posicionamento se torna ainda mais complexa no caso das lentes tóricas, amplamente utilizadas para corrigir o astigmatismo. Estas lentes demandam um alinhamento extremamente preciso, visto que qualquer desvio no posicionamento pode resultar em uma correção inadequada do astigmatismo, comprometendo assim a qualidade da visão do paciente. O desafio é garantir que a lente se mantenha estável dentro do olho, evitando deslocamentos ou rotações que possam desalinhar as zonas corretivas da lente com o eixo do astigmatismo (KAUR et al., 2017).

Outro aspecto fundamental na implantação de LIOs é a biocompatibilidade do material utilizado. A compatibilidade da lente com o ambiente intraocular é decisiva para prevenir reações adversas, tais como inflamação, rejeição imunológica ou a formação de opacidades na cápsula posterior. Estas complicações podem não apenas afetar adversamente a visão, mas também requerem intervenções adicionais, comprometendo o sucesso do procedimento inicial. Portanto, a seleção de materiais que se integrem harmoniosamente com o tecido ocular e que minimizem o risco de reações hostis é uma área de constante pesquisa e desenvolvimento (THULASIDAS; KADAM, 2023).

Além disso, a precisão no cálculo do poder dióptrico da lente é substancial para garantir que o paciente alcance a melhor acuidade visual possível. Inexatidões neste cálculo podem resultar em ametropias residuais, como miopia, hipermetropia ou astigmatismo, que podem demandar correção adicional com óculos ou lentes de contato, ou até mesmo uma cirurgia de retoque (LI et al.,

2020).

As limitações técnicas das LIOs atuais também representam um desafio. Por exemplo, enquanto as lentes monofocais são eficazes em proporcionar uma visão clara à distância, elas não corrigem a presbiopia, deixando muitos pacientes dependentes de óculos para leitura. As lentes multifocais, que oferecem múltiplos pontos focais para corrigir tanto a visão de longe quanto de perto, podem causar fenômenos ópticos indesejados, como halos ou brilhos, especialmente em condições de baixa luminosidade. Além disso, a precisão na determinação do poder da lente ainda é um desafio, com pequenos erros no cálculo ou na colocação da lente podendo resultar em resultados visuais subótimos.

Os potenciais efeitos colaterais associados às LIOs são um componente categórico a ser considerado no planejamento e acompanhamento de procedimentos de substituição de lente. Entre os efeitos colaterais mais comuns, está a síndrome do olho seco, uma condição que pode causar desconforto, sensação de areia nos olhos e visão embaçada. Além disso, o aumento da pressão intraocular é uma preocupação, pois pode levar ao glaucoma, uma condição séria que, se não tratada, pode resultar em perda de visão (CHANG; ROCHA, 2016).

De acordo com Özyol e Karel (2017), outro efeito colateral que merece atenção é a inflamação, que pode variar de leve a severa e afetar a recuperação e o conforto do paciente. Em casos raros, mas especialmente preocupantes, há o risco de infecção, que pode ser grave e exigir tratamento intensivo para prevenir complicações maiores.

Além desses efeitos, a possibilidade de desenvolvimento de opacidade da cápsula posterior é uma consideração importante. Essa condição, que pode ocorrer após a cirurgia, leva a uma diminuição da visão pós-operatória e pode exigir procedimentos adicionais para sua correção. É uma complicação relativamente comum, e a vigilância contínua é essencial para identificar e tratar esse problema eficazmente.

No que diz respeito às perspectivas futuras, há um esforço contínuo na pesquisa e desenvolvimento para superar essas limitações. Avanços no design e na fabricação de LIOs, como o uso de materiais mais biocompatíveis e

designs mais adaptativos, estão sendo explorados. A personalização das LIOs com base nas características específicas do olho do paciente é uma área promissora, potencialmente permitindo uma correção visual mais precisa e individualizada. Além disso, o desenvolvimento de lentes acomodativas e dinâmicas, que podem se ajustar automaticamente para focar em diferentes distâncias, promete abordar a questão da presbiopia de maneira mais eficaz.

As inovações tecnológicas em equipamentos cirúrgicos e técnicas também são fundamentais para melhorar a precisão e segurança dos procedimentos de implantação. O uso de sistemas de imagem avançados, como a tomografia de coerência óptica intraoperatória, pode ajudar na colocação exata das LIOs. Adicionalmente, a cirurgia assistida por laser de femtossegundo continua a evoluir, oferecendo cortes mais precisos e reduzindo o trauma cirúrgico.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão literária abordou as inovações e progressos no campo das lentes intraoculares, salientando o impacto considerável destes desenvolvimentos na oftalmologia e na melhoria da qualidade de vida dos pacientes. Observou-se uma evolução das LIOs, que passaram de dispositivos elementares a soluções de alta complexidade, aptas a corrigir um leque diversificado de deficiências visuais e proporcionar aos pacientes uma visão após procedimentos como a cirurgia de catarata.

Desde as primeiras gerações de lentes monofocais até as mais recentes inovações, incluindo lentes multifocais, tóricas, acomodativas e dinâmicas, constatou-se uma mudança significativa na abordagem e eficácia da correção visual. As inovações em termos de materiais e design das LIOs contribuíram para o aumento da segurança e conforto e para a expansão das possibilidades de correção visual, aproximando a visão artificial da visão natural. Adicionalmente, os progressos nas técnicas cirúrgicas, que incluem a facoemulsificação e a utilização de tecnologias assistidas por laser, elevaram substancialmente a precisão e

minimizaram os riscos relacionados ao implante das LIOs.

Contudo, apesar desses progressos, persistem desafios e limitações. A demanda por maior personalização, a procura por materiais ainda mais biocompatíveis e a superação de efeitos colaterais, como fenômenos ópticos indesejados, são aspectos que requerem monitoramento contínuo. A investigação em curso e o desenvolvimento de novas tecnologias prometem superar essas barreiras e vislumbram novos horizontes no tratamento de patologias oculares.

Com investimentos contínuos em pesquisa e desenvolvimento, antecipa-se a emergência de soluções ainda mais inovadoras e personalizadas. Tais avanços representam um marco no âmbito da oftalmologia e renovam a esperança para milhões de indivíduos em busca de uma visão de uma qualidade de vida elevada.

Assim, este artigo proporcionou um panorama atualizado sobre o estado atual das LIOs, estabelecendo um alicerce para médicos, pesquisadores e pacientes que desejam compreender e acompanhar os avanços nesta área substancial da medicina. Conforme a tecnologia e a ciência avançam, fica evidente que as inovações nas lentes intraoculares continuarão a figurar na linha de frente da oftalmologia, contribuindo para a melhoria da vida de pessoas globalmente.

## REFERÊNCIAS

- ALIO, J. L. et al. Lentes intraoculares multifocais: uma visão geral. **Levantamento de oftalmologia**, v. 62, n. 5, p. 611-634, 2017.
- ALIÓ, J. L.; ALIÓ DEL BARRIO, J. L.; VEGA-ESTRADA, A. Accommodative intraocular lenses: where are we and where we are going. **Eye and Vision**, v. 4, n. 1, p. 1-12, 2017.
- CABALLERO, M. T.; MOLINA CAÑERO, L.; PIÑERO, D. P. Lentes intraoculares trifocales: revisión bibliográfica. **Gaceta**, v.509, n.1, p.1-10, 2015.
- CHANG, D. H.; ROCHA, K. M. Intraocular lens optics and aberrations. **Current opinion in ophthalmology**, v. 27, n. 4, p. 298-303, 2016.
- DHALLU, S. **Evaluating techniques to improve visual performance with and assessment of premium intraocular lenses**. 2015. Tese de Doutorado - Aston University, 2015.
- DICK, H. B.; GERSTE, R. D. Future intraocular lens technologies. **Ophthalmology**, v. 128, n. 11, p. e206-e213, 2021.



GARTAGANIS, S. P. et al. Calcification of hydrophilic acrylic intraocular lenses with a hydrophobic surface: laboratory analysis of 6 cases. **American Journal of Ophthalmology**, v. 168, p. 68-77, 2016.

GONZAGA, S. N. M. et al. Relato de caso: catarata lamelar congênita—evolução em 3 anos. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 13, n. 1, p. e5384-e5384, 2021.

KAPOOR, S.; GUPTA, S. Basic science of intraocular lens materials. In: **Intraocular Lens**. IntechOpen, 2020, p. 3.

KARAYILAN, M.; CLAMEN, L.; BECKER, M. L. Polymeric materials for eye surface and intraocular applications. **Biomacromolecules**, v. 22, n. 2, p. 223-261, 2021.

KAUR, M. et al. Optimizing outcomes with toric intraocular lenses. **Indian journal of ophthalmology**, v. 65, n. 12, p. 1301, 2017.

KHANDELWAL, S. S. et al. Effectiveness of multifocal and monofocal intraocular lenses for cataract surgery and lens replacement: a systematic review and meta-analysis. **Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology**, v. 257, p. 863-875, 2019.

LENS, AcrySof IQ PanOptix Trifocal. Multifocal intraocular lenses. **Multifocal Intraocular Lenses: The Art and the Practice**, p. 237, 2019.

LI, H. et al. Accuracy of intraocular lens power calculation formulae after laser refractive surgery in myopic eyes: a meta-analysis. **Eye and Vision**, v. 7, n. 1, p. 1-10, 2020.

ÖZYOL, P.; ÖZYOL, E.; KAREL, F. Biocompatibility of intraocular lenses. **Turkish Journal of Ophthalmology**, v. 47, n. 4, p. 221, 2017.

PEPOSE, J. S.; BURKE, J.; QAZI, M. A. Benefits and barriers of accommodating intraocular lenses. **Current opinion in ophthalmology**, v. 28, n. 1, p. 3-8, 2017.

REINHARD, T. et al. Comparison of two extended depth of focus intraocular lenses with a monofocal lens: a multi-centre randomised trial. **Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology**, v. 259, p. 431-442, 2021.

REMENTERÍA-CAPELO, L. A. et al. Visual quality and patient satisfaction with a trifocal intraocular lens and its new toric version. **Journal of Cataract & Refractive Surgery**, v. 45, n. 11, p. 1584-1590, 2019.

SAHLER, R. et al. Creation of a refractive lens within an existing intraocular lens using a femtosecond laser. **Journal of Cataract & Refractive Surgery**, v. 42, n. 8, p. 1207-1215, 2016.

SILVA, S. R. et al. Multifocal versus monofocal intraocular lenses after cataract extraction. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, n. 12, 2016.

THULASIDAS, M.; KADAM, A. Toric intraocular lens: A literature review. **Taiwan Journal of Ophthalmology**, 2023.

TRIVEDI, R. H.; WILSON, M. Edward. Intraoperative and postoperative complications. **Essentials of Pediatric Cataract Surgery**, p. 61-74, 2022.

UNSAL, Ugur; SABUR, Huri. Comparison of new monofocal innovative and standard monofocal intraocular lens after phacoemulsification. **International Ophthalmology**, v. 41, p. 273-282, 2021.