

# Desenvolvimento e validação de um protótipo para extração de corpo estranho corneano

Development and validation of a prototype for corneal foreign body extraction

Alessander Tio Tsuneto<sup>1</sup> , Fernanda Ferreira Evangelista<sup>2</sup> , Ramon Fazzolo de Nadai<sup>3</sup> ,  
Camila Yuri Kakumoto Tsuneto<sup>4</sup> , Mauro Porcu<sup>5</sup> 

<sup>1</sup> Mestrado Profissional em Gestão, Tecnologia e Inovação em Urgência e Emergência, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Brasil.

<sup>2</sup> Departamento de Medicina, Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, PR, Brasil.

<sup>3</sup> Fazzoph, Pesquisa e desenvolvimento, Resplendor, MG, Brasil.

<sup>4</sup> Departamento de Medicina, Centro Universitário Ingá, Maringá, PR, Brasil.

<sup>5</sup> Departamento de Medicina, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Brasil.

## Como citar:

Tsuneto AT, Evangelista FF, Nadai RF, Tsuneto CY, Porcu M. Desenvolvimento e validação de um protótipo para extração de corpo estranho corneano. Rev Bras Oftalmol. 2026;85:e0061.

## doi:

<https://doi.org/10.37039/1982.8551.20260061>

## Descritores:

Corpo estranho; Córnea;  
Ferimentos e lesões; Ferimentos  
oculares penetrantes

## Keywords:

Foreign body; Cornea; Wounds  
and injuries; Eye injuries,  
penetrating

## Recebido:

5/4/2025

## Aceito:

6/2/2026

## Autor correspondente:

Nome: Alessander Tio Tsuneto  
Rua Luiz Gama, 57, Apto 1002, Maringá,  
Paraná  
E-mail: santsuneto@hotmail.com

## Instituição de realização do trabalho:

Universidade Estadual de Maringá,  
Maringá, PR, Brasil.

## Fonte de auxílio à pesquisa:

trabalho não financiado.

## Conflitos de interesse:

não há conflitos de interesses.

## Declaração de disponibilidade dos dados:

Os conjuntos de dados gerados e/ou  
analisados durante o estudo atual estão  
incluídos no manuscrito.

## Editor associado:

Hélcio José Fortuna Bessa  
Centro de Estudos e Pesquisas Oculistas  
Associados, Rio de Janeiro, RJ, Brasil  
<https://orcid.org/0000-0003-2214-6572>



Copyright ©2026

## RESUMO

**Objetivo:** Desenvolver e validar um protótipo de óculos com lupa de aumento para aprimorar a precisão e a segurança na extração de corpos estranhos corneanos.

**Métodos:** O protótipo foi confeccionado em impressora 3D utilizando material ABS, contendo uma lupa de 30x e iluminação LED. A validação foi realizada por 22 oftalmologistas especialistas utilizando o método Delphi, que avaliaram funcionalidade, usabilidade, estética, segurança e durabilidade do dispositivo. A análise estatística incluiu o Índice de Validade de Conteúdo (IVC) e o coeficiente Ômega de McDonald.

**Resultados:** Os especialistas atribuíram ao protótipo uma avaliação positiva geral, com destaque para a durabilidade (IVC = 0,976) e segurança (IVC = 0,730). No entanto, a usabilidade apresentou um índice inferior (IVC = 0,500), indicando a necessidade de refinamentos no design para facilitar o manuseio e a aprendizagem do uso.

**Conclusão:** O protótipo desenvolvido apresenta potencial promissor para aplicação clínica, proporcionando uma alternativa tecnológica para a extração de corpos estranhos corneanos. Ajustes na usabilidade e treinamento dos profissionais podem otimizar sua eficácia, tornando-o uma ferramenta inovadora na prática oftalmológica.

## ABSTRACT

**Objective:** To develop and validate a prototype of magnifying glasses to improve precision and safety in the extraction of corneal foreign bodies.

**Methods:** The prototype was made on a 3D printer using ABS material, containing a 30x magnifying glass and LED lighting. Validation was carried out by 22 specialist ophthalmologists using the Delphi method, who evaluated the device's functionality, usability, aesthetics, safety, and durability. Statistical analysis included the Content Validity Index (CVI) and McDonald's Omega coefficient.

**Results:** The experts gave the prototype an overall positive evaluation, with durability (CVI = 0.976) and safety (CVI = 0.730) standing out. However, the usability index was lower (CVI = 0.500), indicating the need for refinements in the design to make it easier to handle and learn to use.

**Conclusion:** The prototype developed has promising potential for clinical application, providing a technological alternative to the extraction of corneal foreign bodies. Adjustments in usability and training of professionals can optimize its effectiveness, making it an innovative tool in ophthalmic practice.

## INTRODUÇÃO

O trauma ocular é uma causa importante de comprometimento visual principalmente em indivíduos jovens e grande parte desses traumas está relacionada a acidentes de trabalho.<sup>(1)</sup>

No Brasil, de janeiro de 2023 a agosto de 2024, foram notificadas 4.447 lesões oculares a partir do CID S05 no Sistema Único de Saúde.<sup>(2)</sup> Os dados oficiais disponíveis provavelmente não refletem com precisão a real incidência de acidentes oculares, uma vez que se baseiam em registros do Ministério da Previdência e Assistência Social, que contemplam apenas trabalhadores com vínculo empregatício formal, regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), e trabalhadores rurais. Além disso, as estatísticas tendem a considerar apenas os casos mais graves, como os traumas oculares abertos. Lesões menos severas, como aquelas causadas por corpos estranhos superficiais na córnea, geralmente não são notificadas, o que contribui para sua sub-representação nos registros oficiais.<sup>(3)</sup>

O corpo estranho superficial na córnea representa o trauma ocular mais frequentemente observado na prática clínica, sendo uma das principais causas de procura por atendimento nos serviços de urgência e emergência.<sup>(4)</sup> É responsável por 54,6 a 81,8% do total de traumas oculares.<sup>(5)</sup> O corpo estranho superficial de córnea caracteriza-se como um trauma ocular fechado, no qual o agente permanece aderido à superfície ocular sem provocar perfuração. Embora, na maioria dos casos, apresente boa evolução clínica com cicatrização em poucos dias após a remoção, pode evoluir para quadros mais graves, como ceratite infecciosa e suas complicações. Além das implicações para a saúde ocular, essa condição acarreta afastamento das atividades laborais, resultando em impacto econômico e social.<sup>(6)</sup>

Apesar de existirem várias publicações sobre trauma ocular que abordam esse tipo de lesão,<sup>(7-10)</sup> os aspectos epidemiológicos relacionados à ocorrência desse tipo de trauma ainda são pouco descritos na literatura, o que dificulta a formulação de estratégias eficazes de prevenção. Atualmente, a principal medida preventiva consiste no uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), especialmente em ambientes ocupacionais de maior risco.<sup>(5)</sup>

A abrasão corneana, frequentemente resultante da extração de corpos estranhos, é uma das ocorrências mais comuns nos serviços oftalmológicos.<sup>(1)</sup> A córnea possui uma densa inervação, com terminações nervosas expostas no epitélio,<sup>(3)</sup> tornando qualquer lesão, mesmo superficial, altamente sintomática, causando dor, sensação

de corpo estranho e visão embaçada. Embora o epitélio corneano se regenere geralmente em 2 a 3 dias, a investigação sobre métodos de tratamento ainda é limitada, possivelmente devido à rápida reepitelização do tecido.<sup>(11)</sup>

O uso de um protótipo de óculos com lupa de aumento melhora a precisão e a segurança na extração de corpos estranhos corneanos em comparação ao método tradicional. Assim, o objetivo deste estudo foi desenvolver e validar um protótipo com lupa de aumento para melhorar a precisão e a eficácia na extração de corpos estranhos corneanos.

## MÉTODOS

### Delineamento da pesquisa

Trata-se de uma pesquisa aplicada na elaboração e validação de um protótipo ocular para retirada de corpo estranho corneano, utilizando a metodologia Delphi.

### Desenvolvimento do protótipo

Foi desenvolvido um protótipo de óculos com as seguintes dimensões: 6,5 cm de largura, 11,5 cm comprimento, 2,5 cm de altura. O protótipo foi confeccionado em uma impressora 3D (Creality 3D, Shenzhen, China), utilizando material plástico (acrilonitrila butadieno estireno, ABS). Nele foi acoplada uma lupa de aumento (30x) com foco ajustável e iluminação em LED (TH-9006B, China).

### Local e período da coleta de dados

O protótipo foi testado e validado no período de janeiro a fevereiro de 2025, em clínicas oftalmológicas no município de Maringá (PR).

### Participantes do estudo

Participaram do estudo médicos oftalmologistas (juízes avaliadores) com experiência na realização desse atendimento, que atuaram como avaliadores. O tamanho da amostra de juízes foi calculado a partir da fórmula para população finita  $n = Z_{\alpha}^2 \cdot P(1-P)/e^2$ , em que  $Z_{\alpha}$  representa o nível de confiança;  $P$ , a proporção esperada de juízes que concordem com o item e, que é a diferença esperada. Dessa forma, empregaram-se os seguintes valores:  $Z_{\alpha}^2 = 95\%$ ,  $P = 85\%$  e  $e = 15\%$  (Figura 1).<sup>(12)</sup>

Para a seleção dos especialistas, foram adotados os critérios de inclusão baseados no sistema de classificação de *experts* adaptado do modelo de Fehring<sup>(13)</sup> (Quadro 1), que consiste na validação de diagnósticos por meio de profissionais escolhidos por uma classificação que leva em conta um método de pontuação para a escolha

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 \cdot P \cdot (1 - P)}{e^2}$$

Os valores fornecidos são:

- $Z_{\alpha}^2 = 95\%$  → O correspondente valor crítico para 95% de confiança é aproximadamente **1,96**.
- $P = 85\% = 0,85$  (proporção esperada).
- $e = 15\% = 0,15$  (margem de erro).

$$n = \frac{(1,96)^2 \cdot 0,85 \cdot (1 - 0,85)}{(0,15)^2}$$

$$n = \frac{3,8416 \cdot 0,85 \cdot 0,15}{0,0225}$$

$$n = \frac{0,4907}{0,0225}$$

$$n \approx 21,8$$

**Figura 1.** Fórmula para cálculo do tamanho da amostra de juízes considerando população finita, nível de confiança de 95%, proporção esperada de 85% e margem de erro de 15%.

daqueles que participarão do estudo. Foram considerados juízes especialistas os profissionais que possuam no mínimo cinco pontos. Foram excluídos os juízes que não retornaram o instrumento preenchido durante o período estabelecido ou o envio de resposta com preenchimento incompleto ou aqueles que não atingiram a pontuação mínima estabelecida.

#### Quadro 1. Critérios de pontuação para os juízes especialistas (profissionais)

Critérios	Pontuação
Formação acadêmica (maior título)	
Doutorado com tese na área de oftalmologia ou ciências médicas ou ciências da saúde	2
Mestre com dissertação na área de oftalmologia ou ciências médicas ou ciências da saúde	2
Residência médica em oftalmologia	1
Atuação profissional	
Experiência em oftalmologia	2
Experiência em atendimento no pronto-socorro com retirada de corpo estranho	2
Experiência profissional em Unidade Básica de Saúde ou ambulatório	1
Curso de atualização	
Participou de cursos de atualização em oftalmologia ou retirada de corpo estranho	2
Participou de cursos de atualização em pronto-socorro e seus atendimentos de modo geral	2
Produção científica	
Produção de artigo científico resultante de pesquisa na área de oftalmologia e cirurgia geral ou clínica médica com Qualis ≥ B3 (nos últimos 5 anos)	1
Pontuação máxima	12

Fonte: adaptado de Fehring (1987).<sup>13</sup>

## Operacionalização e instrumentos de coleta

Participaram do estudo oftalmologistas que atingiram a pontuação mínima de 5 pontos na escala de Fehring (1987).<sup>13</sup> Os especialistas foram convidados a participar

via WhatsApp e, mediante aceite, foi agendada uma visita à clínica de cada profissional.

Para garantir uma avaliação criteriosa e padronizada do protótipo, foi elaborado um instrumento estruturado com base na escala Likert (Material Suplementar Tabela 1S) permitindo a análise do dispositivo segundo cinco critérios previamente estabelecidos: Funcionalidade (F), Usabilidade (U), Estética (E), Segurança (S) e Durabilidade (D). Além disso, o formulário continha um espaço destinado a observações e sugestões dos participantes.

A escala Likert é amplamente utilizada em pesquisas para medir atitudes, opiniões e percepções, geralmente por meio de uma série de afirmações com opções de resposta em um formato ordinal (por exemplo: de “discordo totalmente” a “concordo totalmente”). Sua confiabilidade refere-se à consistência das respostas quando aplicada repetidamente. Já sua validade diz respeito à capacidade da escala de medir efetivamente o construto pretendido, podendo ser analisada por meio de validade de conteúdo, construto e critério.

A metodologia Delphi, amplamente utilizada para obtenção de consenso entre especialistas, foi adotada para assegurar uma avaliação estruturada e sistemática do dispositivo. O instrumento de avaliação contemplou aspectos estéticos, visuais e de conteúdo, utilizando uma escala Likert com cinco opções de resposta: péssimo (1), ruim (2), regular (3), bom (4) e ótimo (5). Um item foi considerado adequado quando, no mínimo, 70% dos avaliadores atribuíram os conceitos “bom” ou “ótimo” ao critério avaliado.<sup>14</sup>

Cada critério de avaliação teve um escopo bem definido. O fator Funcionalidade compreendeu questões

relacionadas à adequação do protótipo para a retirada de corpos estranhos, sua precisão na execução do procedimento e o cumprimento de exigências técnicas oftalmológicas. O fator Usabilidade abordou a facilidade de manuseio do dispositivo, a eficiência na visualização do corpo estranho e a intuitividade no aprendizado de seu uso. Já o fator Estética avaliou a ergonomia do desenho e a percepção de Segurança e confiabilidade transmitida pelo protótipo.

O fator Segurança examinou a minimização dos riscos durante o procedimento, a confiança do oftalmologista no manuseio do corpo estranho e a influência do desenho na postura ergonômica. Por fim, o fator Durabilidade verificou a resistência do material e a integridade estrutural do protótipo após múltiplos usos.

Para a realização dos testes, utilizou-se um olho artificial (Fazzoph LTDA, Resplendor, Brasil), transportado até as clínicas dos especialistas. Durante a visita, o pesquisador apresentou a funcionalidade do dispositivo e solicitou que os oftalmologistas realizassem testes no olho artificial, registrando suas considerações e pareceres após a experiência prática.

## O produto

Foi desenvolvido um protótipo de óculos com as seguintes dimensões: 6,5 cm de largura, 11,5 cm comprimento, 2,5 cm de altura. O protótipo foi confeccionado em uma impressora tridimensional (Creality 3D, Shenzhen, China), utilizando material plástico (acrilonitrila butadieno estireno, ABS). Nele, foi acoplada uma lupa de aumento (30x) com foco ajustável e iluminação em LED (TH-9006B, China).

## Preceitos éticos

O estudo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Estadual de Maringá. Todos os juízes especialistas assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para participar do estudo e responder aos questionários.

## Riscos

A ausência de interação direta com pacientes e variáveis clínicas reais limitou a abrangência dos resultados. No entanto, o risco de constrangimentos durante o preenchimento dos questionários foi minimizado por meio de um diálogo acessível e da garantia de sigilo e confidencialidade. Para evitar desconforto ou exaustão dos participantes, a aplicação dos instrumentos ocorreu em ambiente e horário adequados.

## Benefícios

A pesquisa contribuiu para a redução de riscos éticos e clínicos ao priorizar a viabilidade técnica e a usabilidade do protótipo. A extração eficaz de corpos estranhos corneanos pode reduzir infecções oculares e melhorar o prognóstico dos pacientes. O baixo custo de desenvolvimento e a aplicabilidade do dispositivo como ferramenta de ensino também foram destacados.

## Análise estatística

A análise estatística foi conduzida com o objetivo de verificar a confiabilidade e a validade do instrumento de avaliação do protótipo de óculos para extração de corpo estranho na córnea. Para isso, foram aplicadas técnicas descritivas, métricas de confiabilidade e validade de conteúdo, além de visualizações gráficas para melhor interpretação dos dados.

Inicialmente, foi realizado um sumário de estatísticas descritivas, incluindo médias e desvios-padrão das respostas.<sup>(15)</sup> Esses valores foram calculados de forma global, considerando toda a escala, bem como individualmente para cada item e para os cinco fatores principais (Funcionalidade, Usabilidade, Estética, Segurança e Durabilidade; FUESD). Essa etapa permitiu compreender a tendência central e a dispersão das respostas dos juízes, oferecendo um panorama inicial sobre a distribuição das avaliações.

Para a verificação da validade de conteúdo, foi calculado o Índice de Validade de Conteúdo (IVC).<sup>(16,17)</sup> Esse índice foi analisado em três níveis: IVC global, refletindo a validade de todo o instrumento; IVC por item (I-CVI), avaliando a relevância de cada questão individualmente; e IVC por fator (S-CVI), permitindo verificar a adequação de cada dimensão do instrumento. Além disso, foram realizadas análises gráficas do IVC e cálculos de correlações interclasses, possibilitando explorar padrões de concordância entre os juízes na avaliação do protótipo.

A confiabilidade da escala foi mensurada por meio do ômega de McDonald, um coeficiente mais robusto para análise de consistência interna do que o alfa de Cronbach.<sup>(18,19)</sup> O ômega foi calculado em três níveis: escala total, para avaliar a confiabilidade geral do instrumento; por fator (FUESD), permitindo verificar a consistência interna dentro de cada dimensão do questionário; e por item, analisando o impacto individual de cada questão na confiabilidade do instrumento.

Além das estatísticas descritivas e de confiabilidade, foram geradas visualizações gráficas para facilitar a interpretação dos resultados.<sup>(15)</sup> Foram construídos *boxplot*,

ilustrando a distribuição das respostas por fator, permitindo identificar variações e possíveis *outliers*. Também foi elaborado um histograma da distribuição global das respostas, possibilitando observar a tendência geral das avaliações dos juízes. Por fim, foi gerado um gráfico de barras do IVC por fator, facilitando a comparação da validade de conteúdo entre as diferentes dimensões do instrumento.

Para explorar as relações entre os fatores avaliados no instrumento de validação do protótipo de óculos para extração de corpos estranhos encravados na córnea, foi construído um mapa de calor da matriz de correlação. Essa análise permite visualizar a força e a direção das associações entre os cinco fatores do estudo: Funcionalidade, Usabilidade, Estética, Segurança e Durabilidade.

As correlações foram calculadas utilizando o coeficiente de Spearman, uma medida estatística apropriada para dados ordinais, como aqueles obtidos por meio da escala Likert utilizada no questionário.<sup>(20)</sup> O coeficiente de Spearman varia entre -1 e 1, e valores positivos indicam correlações diretas (quando um fator aumenta, o outro tende a aumentar) e valores negativos indicam correlações inversas (quando um fator aumenta, o outro tende a diminuir). Além disso, os valores de *p* foram calculados para verificar a significância estatística das associações, permitindo identificar quais relações são robustas dentro do conjunto de dados.

A matriz de correlação foi representada graficamente por meio de um mapa de calor, em que cores mais quentes indicam correlações positivas mais fortes, enquanto cores mais frias representam correlações negativas ou fracas.<sup>(15)</sup> Esse método de visualização facilita a identificação de padrões entre os fatores e auxilia na interpretação da estrutura subjacente da escala utilizada na avaliação do protótipo.

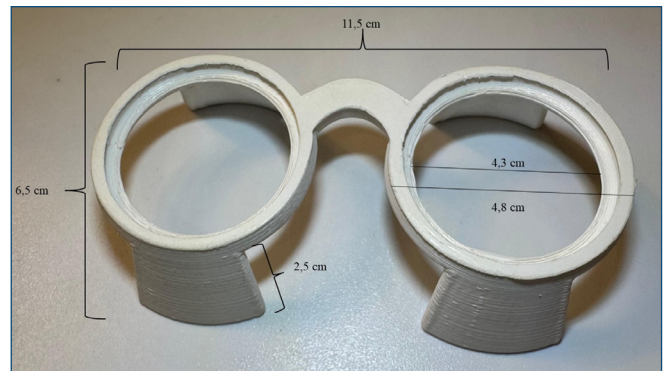
Todas as análises estatísticas deste estudo foram conduzidas no ambiente Google Colab, utilizando a linguagem Python e bibliotecas especializadas em ciência de dados, como *pandas*, *numpy*, *scipy*, *matplotlib* e *seaborn*. A escolha dessa abordagem se deu pela praticidade e eficiência que a plataforma oferece, permitindo a organização estruturada dos dados, a execução automatizada dos cálculos e a geração de gráficos, que facilitaram a interpretação dos resultados. -

## RESULTADOS

O protótipo foi desenvolvido a partir da necessidade de melhorar o atendimento em sala de pronto-socorro para retirada de corpo estranho corneano, o qual é uma das

maiores demandas de atendimento oftalmológico na atenção hospitalar.

Os óculos foram confeccionados em uma impressora tridimensional (Creality 3D, Shenzhen, China), utilizando material plástico (ABS). As medidas foram: 6,5 cm de largura, 11,5 cm comprimento, 2,5 cm de altura. As oculares tinham circunferência externa de 4,8 cm e circunferência interna de 4,3 cm (Figura 2).



**Figura 2.** Foto do protótipo dos óculos e suas medidas em centímetros.

Para o funcionamento correto do produto, nas oculares foi acoplada uma lupa de aumento (30x) com foco ajustável e iluminação em LED (TH-9006B, China) (Figura 3).



**Figura 3.** Fotos do protótipo dos óculos com a lupa de aumento (30x) acoplada.

## Validação do produto

Durante o período do estudo, o protótipo dos óculos para extração de CE na córnea foi avaliado por 22 juízes especialistas. A tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas das respostas fornecidas pelos juízes na avaliação do protótipo. A média geral da escala foi 4,18 (desvio padrão de 0,286), indicando uma avaliação predominantemente positiva do dispositivo.

Entre os itens, o D1 (“O material do protótipo parece durável para o uso clínico contínuo”) obteve a maior média (4,62; desvio padrão de 0,498), enquanto U3 (“O

**Tabela 1.** Sumário estatístico das respostas do questionário avaliativo de um protótipo de óculos para extração de corpos estranhos encravados na córnea, respondido pelos juízes, após utilização

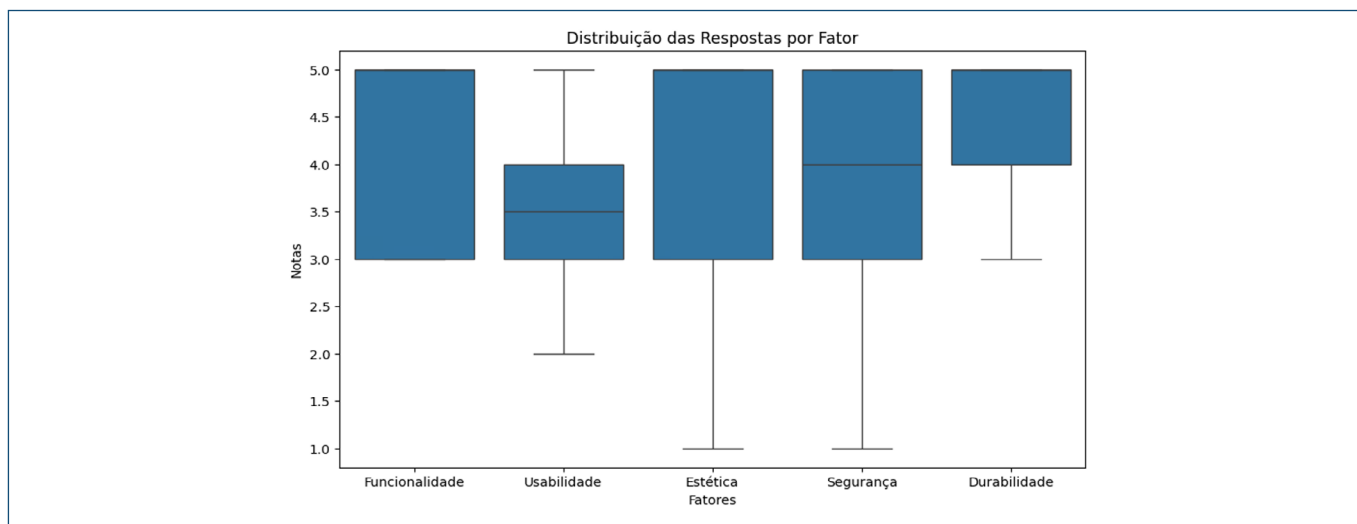
Variáveis	Média	Desvio padrão
Escala	4,18	0,286
Itens		
F1	4,33	0,913
F2	3,90	0,944
F3	4,14	0,964
U1	3,76	0,944
U2	4,48	0,750
U3	3,67	0,796
E1	4,33	1,065
E2	4,10	0,944
S1	4,14	0,910
S2	4,52	0,680
S3	3,81	1,209
D1	4,62	0,498
D2	4,48	0,602
Fatores		
Funcionalidade	4,13	0,679
Usabilidade	3,97	0,493
Estética	4,21	0,784
Segurança	4,16	0,611
Durabilidade	4,55	0,498

aprendizado sobre o uso do protótipo é fácil e intuitivo”) apresentou a menor média (3,67; desvio padrão de 0,796), sugerindo um possível ponto de melhoria na usabilidade do dispositivo.

Em relação aos fatores, o fator Durabilidade obteve a maior média (4,55; desvio padrão de 0,498), demonstrando que os juízes consideraram o material do protótipo resistente. Já o fator Usabilidade apresentou a menor média (3,97; desvio padrão de 0,493), o que pode indicar a necessidade de refinamentos no manuseio e no aprendizado de uso do protótipo. Dessa forma, os resultados obtidos indicam que, de maneira geral, o protótipo foi bem avaliado, com maior destaque para sua Durabilidade e Segurança, enquanto aspectos relacionados à usabilidade e ao aprendizado podem ser revisados para aprimorar a experiência do usuário, indicando ainda a necessidade de maior treinamento do usuário em relação a estes fatores.

O gráfico *boxplot* apresentado (Figura 4) ilustra a distribuição das respostas dos juízes para cada um dos fatores avaliados no instrumento de validação do protótipo de óculos para extração de corpo estranho na córnea. Cada caixa representa a dispersão das notas atribuídas pelos especialistas dentro de cada critério, permitindo identificar a mediana, a amplitude interquartil e as possíveis variações nas avaliações.

Observa-se que o fator Durabilidade obteve o maior IVC, aproximando-se do valor 1,0, indicando alto nível de concordância entre os juízes quanto à adequação desse critério no instrumento de avaliação. Em seguida, os fatores Estética e Segurança apresentaram escores similares e elevados, evidenciando que esses aspectos foram bem validados pelos especialistas.



**Figura 4.** *Boxplot* das respostas do questionário avaliativo de um protótipo de óculos para extração de corpos estranhos encravados na córnea, respondido pelos juízes, após utilização.

Por outro lado, o fator Usabilidade obteve o menor IVC entre os cinco avaliados, ficando abaixo de 0,6, o que sugere maior divergência na percepção dos juízes quanto à clareza e à relevância dos itens desse critério. O fator Funcionalidade apresentou um escore intermediário, indicando uma validação moderada.

Os resultados gráficos reforçam a necessidade de revisão e refinamento dos itens relacionados à Usabilidade e à Funcionalidade, pois apresentam os menores IVC. A alta validação do critério Durabilidade demonstra que o protótipo foi amplamente aceito quanto à sua resistência e à integridade estrutural, enquanto aspectos ligados ao manuseio e ao aprendizado do uso podem necessitar de ajustes para garantir maior precisão na avaliação.

A tabela 2 apresenta o IVC obtido a partir das respostas dos juízes especialistas na avaliação do protótipo. O IVC global foi de 0,721, indicando nível moderado de validade de conteúdo para o instrumento como um todo.

Na análise por itens individuais, observa-se variação significativa nos escores de IVC. Alguns itens apresentaram valores mais baixos, como U1 (“O protótipo é fácil de manusear durante o procedimento”), com IVC = 0,429, e F2 (“O protótipo permite uma execução precisa do procedimento”), com IVC = 0,524, sugerindo que esses aspectos podem precisar de ajustes ou mais esclarecimentos na formulação do questionário. Em contrapartida, itens como D1 (“O material do protótipo parece durável para o uso clínico contínuo”), com IVC = 1,000, e U2 (“O uso do

**Tabela 2.** Sumário do Índice de Validade de Conteúdo das respostas do questionário avaliativo de um protótipo de óculos para extração de corpos estranhos encravados na córnea, respondido pelos juízes, após utilização

Variáveis	IVC
Global	0,721
Itens	
F1	0,714
F2	0,524
F3	0,619
U1	0,429
U2	0,952
U3	0,571
E1	0,810
E2	0,619
S1	0,762
S2	0,905
S3	0,524
D1	1,000
D2	0,952
Fatores	
Funcionalidade	0,619
Usabilidade	0,500
Estética	0,714
Segurança	0,730
Durabilidade	0,976

IVC: Índice de Validade de Conteúdo.

protótipo facilita a visualização do corpo estranho na córnea?”), com IVC = 0,952, foram altamente validados pelos juízes, demonstrando forte consenso sobre a adequação dessas características.

Na avaliação por fatores, o maior IVC foi obtido para Durabilidade (IVC = 0,976), reforçando que os juízes consideraram os materiais utilizados no protótipo como confiáveis e adequados para uso contínuo. Já o fator Usabilidade (IVC = 0,500) apresentou o menor escore, sugerindo que a facilidade de manuseio e aprendizado do protótipo podem necessitar de aprimoramentos ou reavaliação do instrumento.

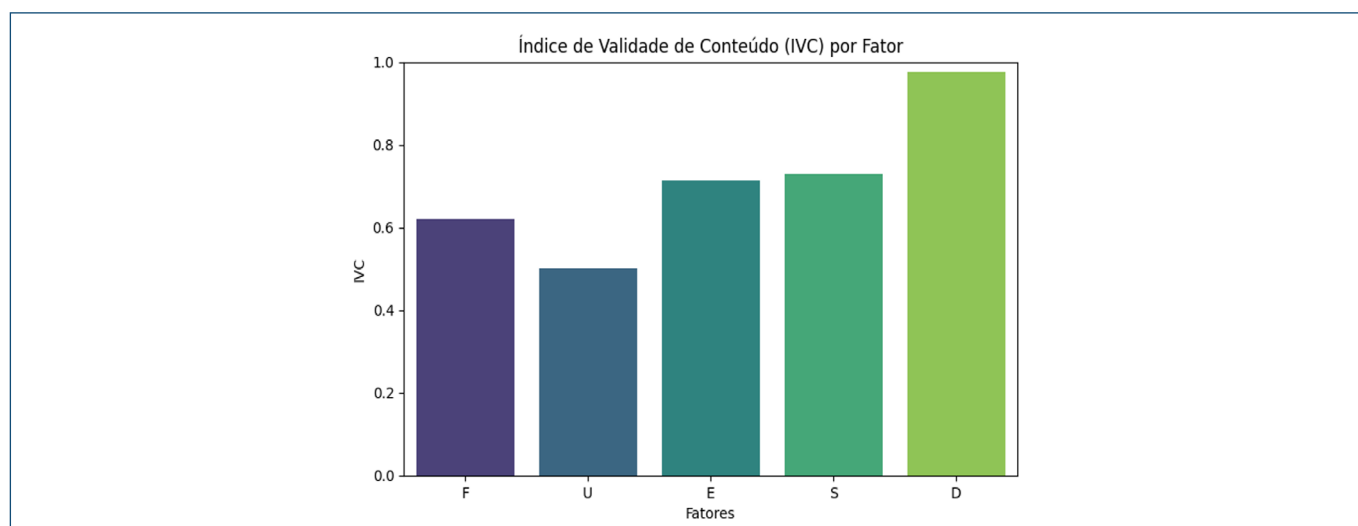
Os resultados indicaram que, embora o questionário tenha atingido níveis aceitáveis de validade de conteúdo, houve dimensões específicas, como Usabilidade e Funcionalidade, que podiam precisar de ajustes para garantir maior clareza e melhor refletir a percepção dos juízes.

A análise gráfica descritiva da distribuição do IVC por fator, permitindo visualizar a variação dos escores obtidos na avaliação do protótipo, está demonstrada na figura 4. Observa-se que o fator Durabilidade (D) obteve o maior IVC, aproximando-se do valor 1,0, indicando alto nível de concordância entre os juízes quanto à adequação desse critério no instrumento de avaliação. (Figura 5)

Em seguida, os fatores Estética e Segurança apresentaram escores similares e elevados, evidenciando que esses aspectos foram bem validados pelos especialistas. Por outro lado, o fator Usabilidade obteve o menor IVC entre os cinco avaliados, ficando abaixo de 0,6, o que sugere maior divergência na percepção dos juízes quanto à clareza e à relevância dos itens desse critério. O fator Funcionalidade apresentou escore intermediário, indicando uma validação moderada. A tabela 3 apresenta os valores do coeficiente Ômega de McDonald ( $\omega$ ), utilizado para avaliar a confiabilidade interna do instrumento de avaliação do protótipo de óculos para extração de corpos estranhos encravados na córnea. O coeficiente foi calculado para a escala total, os itens individuais e os cinco fatores principais.

O Ômega de McDonald global foi de 0,910, indicando elevado nível de consistência interna da escala, o que sugere que os itens do instrumento medem, de forma coerente, os construtos propostos. Em relação aos itens individuais, os valores variaram entre 0,897 (S3) e 0,906 (S2), demonstrando alta confiabilidade em praticamente todas as questões avaliadas.

Na análise por fatores, os valores do coeficiente apresentaram maior variação. O fator Segurança ( $\omega = 0,7335$ ) e



**Figura 5.** Gráfico de barras do Índice de Validade de Conteúdo das respostas do questionário avaliativo de um protótipo de óculos para extração de corpos estranhos encravados na córnea, respondido pelos juízes, após utilização.

**Tabela 3.** Sumário de estatísticas de fiabilidade de escala, com coeficiente Ômega de McDonald para as respostas do questionário avaliativo de um protótipo de óculos para extração de corpos estranhos encravados na córnea, respondido pelos juízes, após utilização

Variáveis	$\omega$
escala	0,910
Itens	
F1	0,903
F2	0,902
F3	0,902
U1	0,902
U2	0,905
U3	0,905
E1	0,900
E2	0,902
S1	0,903
S2	0,906
S3	0,897
D1	0,908
D2	0,907
Fatores	
Funcionalidade	0,7262
Usabilidade	0,6038
Estética	0,6693
Segurança	0,7335
Durabilidade	0,3787

o fator Funcionalidade ( $\omega = 0,7262$ ) obtiveram os maiores escores entre os grupos avaliados, reforçando a boa consistência das respostas associadas a esses critérios. Em contrapartida, o fator Durabilidade ( $\omega = 0,3787$ ) apresentou o menor coeficiente, indicando baixa confiabilidade interna, o que sugeriu que os itens desse fator podiam não estar medindo de maneira suficientemente homogênea a mesma dimensão do construto.

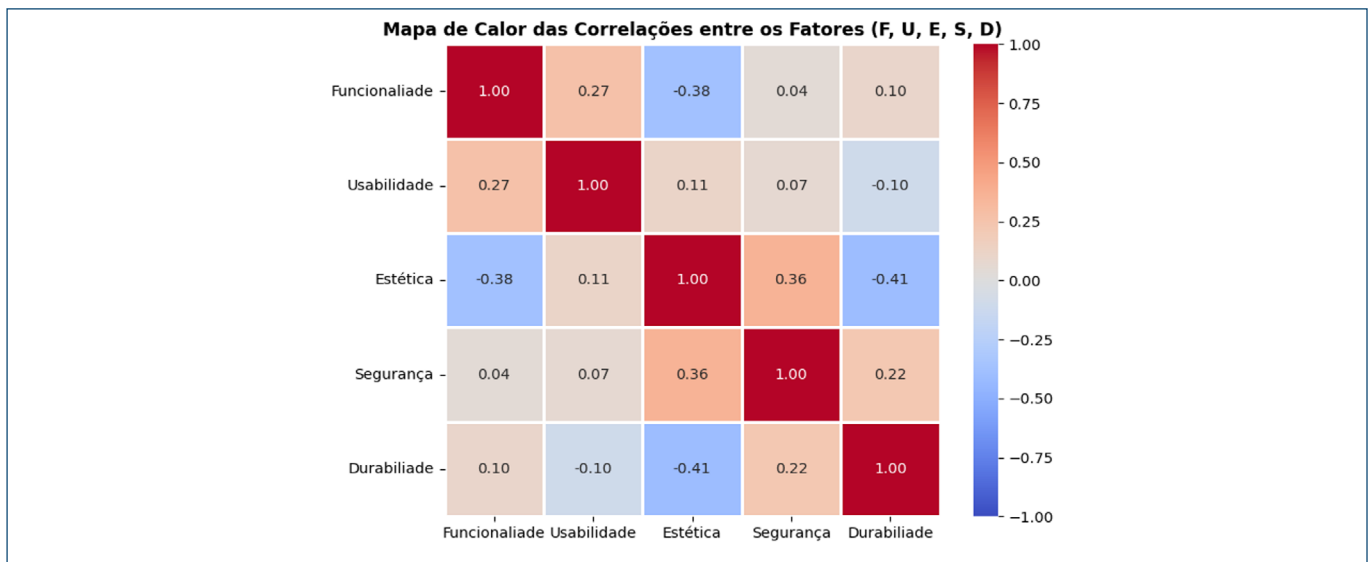
Esses resultados reforçaram a robustez do instrumento como um todo, mas indicaram que alguns aspectos específicos, como Durabilidade e Usabilidade ( $\omega = 0,6038$ ),

podiam precisar de refinamento, fosse na formulação dos itens ou na revisão dos critérios avaliativos, a fim de garantir uma maior coerência interna dentro de cada fator.

A análise das correlações entre os fatores avaliados no instrumento de validação do protótipo revelou relações significativas entre alguns critérios. Como apresentado no Mapa de Calor das Correlações (Figura 6), sendo observada associação positiva entre Usabilidade e Funcionalidade (0,27), sugerindo que um protótipo mais funcional tenderia a ser percebido como mais intuitivo e de fácil manuseio pelos avaliadores. Além disso, identificou-se uma correlação moderada entre Segurança e Estética (0,36), o que indicou que um desenho visualmente agradável pode contribuir para uma maior sensação de segurança ao utilizar o dispositivo.

Entretanto, algumas correlações negativas chamaram atenção. A relação inversa entre Estética e Funcionalidade (-0,38) sugeriu que, à medida que a Estética do protótipo fosse mais valorizada, sua funcionalidade podia ser percebida de maneira menos eficiente. Esse achado pôde indicar um possível *trade-off* (câmbio) entre desenho visual e aplicabilidade prática, levantando a necessidade de um equilíbrio entre esses aspectos no desenvolvimento do dispositivo. Da mesma forma, a correlação negativa entre Estética e Durabilidade (-0,41) apontou para a possibilidade de que um desenho mais elaborado poder estar associado à percepção de menor resistência estrutural do protótipo.

De maneira geral, as correlações entre os fatores foram predominantemente fracas, sugerindo que cada dimensão do questionário avaliou aspectos relativamente independentes do dispositivo. No entanto, a presença



**Figura 6.** Mapa de Calor das Correlações para os fatores agrupados das respostas do questionário avaliativo de um protótipo de óculos para extração de corpos estranhos encravados na córnea, respondido pelos juízes, após utilização.

de relações negativas entre alguns critérios pôde indicar a necessidade de alguns ajustes no desenvolvimento do instrumento de avaliação, especialmente nos itens relacionados à Funcionalidade, à Estética e à Durabilidade.

## DISCUSSÃO

A validação do protótipo de óculos para a extração de corpos estranhos corneanos demonstrou resultados promissores, com alta aprovação em termos de Durabilidade (IVC = 0,976) e Segurança (IVC = 0,730). No entanto, desafios na Usabilidade foram evidenciados, com um IVC de 0,500, indicando que melhorias são necessárias para tornar o dispositivo mais intuitivo e fácil de usar. Esse achado corrobora a literatura sobre dispositivos oftalmológicos, que ressalta a importância da ergonomia e da facilidade de uso como fatores-chave para a adoção clínica de novas tecnologias.<sup>(21)</sup> A Usabilidade, por sua vez, é fundamental para a aceitação e a eficiência de qualquer dispositivo médico, especialmente quando destinado a ambientes com recursos limitados, como unidades de pronto atendimento e Unidades Básicas de Saúde (UBS).

Tradicionalmente, a extração de corpos estranhos na córnea é realizada com o uso de lâmpadas de fenda ou lupas oftalmológicas, complementadas por instrumentos de precisão, como agulhas de pequeno calibre. A utilização de magnificação óptica tem mostrado benefícios ao melhorar a precisão do procedimento, o que reduz o risco de complicações como abrasões secundárias e lesões oculares.<sup>(22)</sup> O protótipo avaliado neste estudo oferece um diferencial ao integrar lentes de aumento (30x) com iluminação LED, permitindo uma visualização mais detalhada

do corpo estranho sem a necessidade de equipamentos volumosos. Esse desenho portátil e compacto pode contribuir para uma abordagem mais prática e eficaz, especialmente em situações emergenciais, em que a rapidez é crucial para evitar complicações graves.

No entanto, a Usabilidade continua sendo um fator limitante. Estudos recentes indicam que dispositivos que exigem aprendizado extenso ou ajustes manuais complexos tendem a ser menos aceitos pelos profissionais de saúde.<sup>(23)</sup> O item “O aprendizado sobre o uso do protótipo é fácil e intuitivo” foi o que obteve a menor média no presente estudo (3,67), indicando que o dispositivo precisa de ajustes para melhorar sua experiência de uso. Esse aspecto também está relacionado à Funcionalidade, que apresentou avaliação intermediária (IVC = 0,619). Embora o protótipo atenda parcialmente às necessidades clínicas, ele pode ser aprimorado para aumentar a precisão na remoção de corpos estranhos, especialmente em casos mais complexos, como fragmentos metálicos ou vidro. Nesse sentido, uma solução seria a integração de ajustes de foco mais precisos, como já observado em estudos sobre o uso da ultrassonografia biomicroscópica, que facilita a localização exata do corpo estranho.<sup>(24,25)</sup>

Outro aspecto relevante observado no estudo foi a relação entre Estética e Funcionalidade. Embora dispositivos mais robustos tendam a ser mais funcionais, eles frequentemente apresentam menor aceitação estética.<sup>(26)</sup> No caso do protótipo, essa correlação negativa sugere a necessidade de otimizar o desenho visual para equilibrar estética e aplicabilidade prática. Melhorias ergonômicas, como a adaptação das lentes a diferentes formatos faciais

e o uso de materiais mais leves, poderiam contribuir para um maior conforto e aceitação entre os usuários.

A literatura também destaca a importância de treinamentos específicos para a implementação bem-sucedida de novas tecnologias na prática clínica. Estudos demonstram que programas de capacitação direcionados aumentam a aceitação e a eficácia do uso de dispositivos médicos, o que é particularmente relevante no contexto emergencial, em que a familiaridade rápida com novos equipamentos é fundamental.<sup>(27)</sup> Considerando que a Usabilidade foi o fator com o menor índice de confiabilidade neste estudo, recomenda-se o desenvolvimento de materiais de treinamento, como vídeos instrutivos e simulações realísticas, para facilitar a adaptação dos profissionais de saúde ao uso do protótipo.

Em termos de aplicação clínica, o protótipo de óculos para extração de corpos estranhos corneanos apresenta grande potencial, especialmente em contextos como prontos-socorros e UBS, onde o acesso a oftalmologistas pode ser limitado. A facilidade de uso e a portabilidade do dispositivo podem otimizar o tempo de atendimento, reduzir a necessidade de encaminhamentos a especialistas e, assim, diminuir os riscos associados à demora no tratamento. A remoção rápida e precisa dos corpos estranhos pode prevenir complicações graves, como infecções e danos permanentes à visão, um benefício essencial em cenários de atendimento emergencial.

Além disso, a mobilidade do protótipo torna-o uma ferramenta valiosa para kits de emergência e atendimentos extra-hospitalares. Sua capacidade de se integrar a equipamentos já existentes, adaptando-se a diferentes condições de iluminação e ampliação, amplia seu uso em diversos contextos clínicos. Para maximizar a eficácia do protótipo, propõe-se um programa de treinamento rápido e acessível, que pode ser realizado tanto *on-line* quanto presencialmente, garantindo que profissionais de diferentes formações possam utilizar o dispositivo com eficiência.

### Limitações do estudo

A Usabilidade do protótipo foi o fator com menor avaliação (IVC = 0,500), indicando dificuldades no aprendizado e manuseio do dispositivo. Além disso, a Funcionalidade obteve um índice moderado (IVC = 0,619), sugerindo a necessidade de ajustes para melhorar a precisão do procedimento. A confiabilidade interna variou, com a Durabilidade apresentando coeficiente Ômega de McDonald baixo ( $\omega = 0,3787$ ), demonstrando inconsistências na avaliação desse critério. Também foram observadas correlações negativas

entre Estética e Funcionalidade (-0,38,) e entre Estética e Durabilidade (-0,41), indicando um possível conflito entre desenho e aplicabilidade prática. Por fim, alguns itens do questionário tiveram baixa validade de conteúdo, sugerindo a necessidade de refinamentos tanto no instrumento avaliativo quanto no próprio protótipo.

### CONCLUSÃO

Embora o protótipo apresente um potencial significativo para otimizar o atendimento oftalmológico e melhorar os desfechos clínicos de pacientes com corpos estranhos corneanos, aprimoramentos em sua Usabilidade e Funcionalidade são necessários para garantir maior aceitação e eficiência. A implementação de programas de treinamento e a realização de estudos futuros em cenários reais de atendimento são essenciais para avaliar a eficácia completa do dispositivo e explorar seu potencial de transformação no cuidado oftalmológico emergencial.

### DECLARAÇÃO DO USO DE FERRAMENTAS DE AI

A ferramenta ChatGPT (5.3) foi utilizada para auxiliar na redação de alguns parágrafos da seção da metodologia, com o objetivo de melhorar a clareza, fluidez e organização do texto.

### COLABORAÇÃO DOS AUTORES

Tsuneto AT contribuiu na concepção e desenvolvimento do protótipo, aplicação prática do dispositivo com os médicos participantes, redação do manuscrito e aprovação da versão final a ser publicada. Evangelista FF contribuiu na aplicação do questionário, análise dos dados, redação e revisão do manuscrito. Nadai RF contribuiu no desenvolvimento do protótipo e suporte técnico do dispositivo. Tsuneto CYK contribuiu na redação e revisão do manuscrito. Porcu M contribuiu na orientação do projeto, redação e revisão crítica do conteúdo intelectual. Todos os autores aprovaram a versão final do manuscrito e são responsáveis por todos os seus aspectos, incluindo a garantia de sua precisão e integridade.

### REFERÊNCIAS

1. Costa PD, Araújo IM, Buriti EL, De Mendonça AE, De Albuquerque AM. Corpos estranhos em primeiros socorros: revisão integrativa. *Educ Ciência e Saúde*. 2020;7(1):333-47.
2. Brasil. Ministério da Saúde. Morbidade hospitalar do SUS - por local de internação. Brasília (DF): DATASUS; 2024 [citado 2026 Fev 6]. Disponível em: <https://datasus.saude.gov.br/aceso-a-informacao/morbidade-hospitalar-do-sus-sih-sus/>
3. Gerente VM, Melo GB, Regatieri CV, Alvarenga LS, Martins EN. Trauma ocupacional por corpo estranho corneano superficial. *Arq Bras Oftalmol*. 2008;71(2).

4. Alves MP. Relatório do internato médico urgência e emergência. Universidade Federal da Integração Latino-Americana; 2022 [citado 2026 Fev 2]. Disponível em: <https://dspace.unila.edu.br/server/api/core/bitstreams/2ef112de-0459-4f40-a043-e57e61f37409/content>
5. Hagui A, Rezende AB, Renaux BM, Teixeira HC, Branco FR, Moreira H. The urgency department at na Ophthalmological Hospital in Southern Brazil. *Rev Bras Oftalmol.* 2020;79(5):320-4.
6. El Rassi AJ, Nascimento JL, Duarte LC, Freitas LP, Filice LC, Moraes LT, et al. Epidemiologia das urgências e emergências oftalmológicas em um Hospital Universitário Terciário. *Rev Bras Oftalmol.* 2020;79(4):227-30.
7. Bhaskar A, Gupta RK. Clinical profile of ocular trauma at a tertiary care hospital. *Ophthalmol Res An Int J.* 2024;19(4):32-42.
8. Liang H, Zhang M, Chen M, Lin TP, Lai M, Chen H. Ocular trauma during COVID-19 pandemic: a systematic review and meta-analysis. *Asia-Pacific J Ophthalmol.* 2022;11(5):481-7.
9. Patel V, Pakravan P, Mehra D, Watane A, Yannuzzi NA, Sridhar J. Trends in sports-related ocular trauma in United States emergency departments from 2010 to 2019: multi-center cross-sectional study. *Semin Ophthalmol.* 2023;38(4):333-7.
10. Deud BG, Hammerschmidt HF, Kniggendorf MV, Hopker LM, Müller GG. Ocular trauma score as a visual prognostic factor of open globe injuries in a hospital of southern Brazil. *Arq Bras Oftalmol.* 2021;84(6): 576-81.
11. Brasil. Ministério da Previdência Social. Anuário estatístico de acidentes do trabalho 2002. Quantidade de acidentes do trabalho registrados, por motivo, segundo os 200 códigos da Classificação Internacional de Doenças - CID 10 mais incidentes no Brasil - 2003. Disponível em: <https://www.gov.br/previdencia/pt-br/assuntos/previdencia-social/arquivos/AEAT-2023/secao-i-estatisticas-de-acidentes-do-trabalho/subsecao-c-acidentes-do-trabalho-segundo-a-cid/capitulo-57-brasil-e-grande-regioes/57-1-quantidade-de-acidentes-do-trabalho-por-situacao-do-registro-e-motivo-segundo-os-200-codigos-da-classificacao-internacional-de-doencas-cid-10-mais-incidentes-no-brasil-2017>
12. Lopes MV, Silva VM Araujo TL. Validação de diagnósticos de enfermagem: desafios e alternativas. *Rev Bras Enferm.* 2013;66(5):649-55.
13. Fehring, R. J. Methods to validate nursing diagnoses. *Heart & Lung*, v. 16, n. 6, p. 625-629, 1987.
14. Fonseca LM, Leite AM, Mello DF, Dalri MC, Scochi CG. Semiótica e semiologia do recém-nascido pré-termo: avaliação de um software educacional. *Acta Paul Enferm.* 2008;21(4):543-8.
15. Agresti A. An introduction to categorical data analysis. Third. John Wiley & Sons, editor. Hoboken, NJ, UEA, NJ, UEA: John Wiley & Sons; 2019.
16. Alexandre NM, Coluci MZ. Validade de conteúdo nos processos de construção e adaptação de instrumentos de medidas. *Cien Saude Colet.* 2011;16(7):3061-8.
17. Polit DF, Beck C. Fundamentos de pesquisa em enfermagem: avaliação de evidências para a prática da enfermagem. Porto Alegre: Artmed; 2018.
18. Deng L, Chan W. Testing the difference between reliability coefficients alpha and omega. *Educ Psychol Meas.* 2017;77(2):185-203.
19. Dunn TJ, Baguley T, Brunsden V. From alpha to omega: A practical solution to the pervasive problem of internal consistency estimation. *Br J Psychol.* 2014;105(3):399-412.
20. Martinez EZ. Bioestatística para os cursos de graduação da área da saúde. São Paulo: Blucher; 2023 [citado 2026 Fev, 2]. Disponível em: [https://storage.blucher.com.br/book/pdf\\_preview/PDF\\_bioestatistica2ed.pdf](https://storage.blucher.com.br/book/pdf_preview/PDF_bioestatistica2ed.pdf)
21. Brady CJ. Como remover um corpo estranho do olho. Manual MSD; 2023 [citado 2026 Fev 2]. Disponível em: <https://www.msmanuals.com/pt/profissional/disturbios-oftalmologicos/como-fazer-procedimentos-oculares/como-remover-um-corpo-estranho-do-olho>
22. Pereira JL, Andrade RL, Vilela LF, Marques LN. Uso de lasers de alta precisão em cirurgias oftalmológicas. *Rev Cad Pedagógico.* 2025;22(1):1-11.
23. Ohlhausen M, Menke BA, Begley J, Kim S, Debiec MR, Conrady CD, et al. Advances in the management of intraocular foreign bodies. *Front Ophthalmol.* 2024;4.
24. Moura MF, Hayashi I, Rocha DM, Allemann N. Avaliação de corpos estranhos no segmento anterior com ultrassonografia biomicroscópica. *Arq Bras Oftalmol.* 2012;75(2):122-5.
25. Bezerra BR, Oliveira KF, Lima YT, Oliveira BD. Avaliação de corpo estranho em partes moles com auxílio de ultrassom - Artigo de Revisão. *Rev Bras Med Emergência.* 2023;3(1).
26. Kalra J, Lightner NJ, Taiar R. Advances in human factors and ergonomics in healthcare and medical devices. Springer; 2021 [cited 2026 Feb 2]. Available from: <https://www.springerprofessional.de/en/advances-in-human-factors-and-ergonomics-in-healthcare-and-medic/19341220#TOC>
27. Almeida S. Efetividade de diferentes modalidades de treinamento na aprendizagem de profissionais de saúde (Enfermeiros) em suporte avançado de vida em hospital especializado em oncologia [tese]. São Paulo:Universidade de São Paulo; 2022.