



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

**“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**

**FACULDADE DE MEDICINA**

**JÉSSICA LORENA PRADO MARQUES**

**Comparação entre dois métodos para estimativa de crescimento do comprimento axial de olhos de crianças facectomizadas com implante primário de lente intraocular**

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Pesquisa e Desenvolvimento (Biotecnologia Médica)

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos Lottelli Rodrigues

**Botucatu**

**2023**

Jéssica Lorena Prado Marques

**Comparação entre dois métodos para estimativa de crescimento do comprimento axial de olhos de crianças facectomizadas com implante primário de lente intraocular**

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Pesquisa e Desenvolvimento (Biotecnologia Médica)

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos Lottelli Rodrigues

Botucatu

2023

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.  
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP  
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Marques, Jessica Lorena Prado.

Comparação entre dois métodos para estimativa de crescimento do comprimento axial de olhos de crianças facectomizadas com implante primário de lente intraocular / Jessica Lorena Prado Marques. - Botucatu, 2023

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina de Botucatu

Orientador: Antônio Carlos Lottelli Rodrigues  
Capes: 40102033

1. Biometria. 2. Catarata em crianças. 3. Lentes intra-oculares. 4. Comprimento axial do olho.

Palavras-chave: Biometria; Catarata; Catarata congênita; Comprimento axial; Lente intraocular.

Jéssica Lorena Prado Marques

Comparação entre dois métodos para estimativa de crescimento do comprimento axial de olhos de crianças facectomizadas com implante primário de lente intraocular

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos Lottelli Rodrigues

Comissão examinadora

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Camila Ribeiro Koch (titular) - Universidade de São Paulo

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Denise Fornazari de Oliveira (suplente) - Universidade Estadual de Campinas

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Eliane Chaves Jorge Rodrigues (suplente) - Universidade Estadual Paulista

Prof. Dr. Rafael Plana Simões (titular) - Universidade Estadual Paulista

Botucatu, 28 de julho de 2023

## **Agradecimentos**

À Deus, por me iluminar nos desafios da vida e me abençoar com conquistas nos caminhos percorridos.

Aos meus pais, Jane e Odylio, que sempre me apoiaram nas minhas decisões e me incentivaram a perseguir meus objetivos.

Aos meus irmãos, Alex e Henrique, pela força e motivação para melhorar cada vez mais como pessoa e profissional.

Ao meu noivo, André, pelo amor e carinho dados, principalmente nos momentos de angústia e incertezas.

Ao Prof. Dr. Antônio Carlos Lottelli Rodrigues, pelo conhecimento compartilhado durante a Residência e agora na Pós-graduação.

Aos professores da Pós-graduação em Pesquisa e Desenvolvimento (Biotecnologia Médica), que enriqueceram meu aprendizado ao longo desses últimos dois anos.

À Faculdade de Medicina de Botucatu, onde vivi anos maravilhosos e criei memórias incríveis durante a Residência e a Pós-graduação.

Aos pacientes e seus responsáveis legais, por participarem do estudo e contribuírem positivamente com o meio científico.

## Resumo

MARQUES, J. L. P. **Comparação entre dois métodos para estimativa de crescimento do comprimento axial de olhos de crianças facectomizadas com implante primário de lente intraocular.** 2023. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Pesquisa e Desenvolvimento (Biotecnologia Médica) – Faculdade de Medicina de Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2023.

**Objetivo:** Comparar o desempenho de dois modelos matemáticos recentemente publicados, os quais estimam o crescimento do comprimento axial (AL) de olhos de crianças diagnosticadas com catarata congênita e do desenvolvimento, unilateral e bilateral, submetidas à facectomia com implante primário de lente intraocular (LIO) a partir de 4 semanas de vida no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu. Estes modelos a serem comparados são o logarítmico e o de Equação Geral de Estimação (GEE). **Métodos:** Estudo prospectivo que compara estes dois métodos e seus resultados. O AL medido no perioperatório ( $AL_0$ ) de cada um dos olhos selecionados, e a idade da criança no momento da aferição ( $idade_0$ ), foram aplicados aos dois métodos para calcular o AL em um tempo futuro durante o seguimento. Foi realizada análise descritiva com o cálculo de média, desvio padrão, valores mínimo, máximo e mediana. Também foi realizada análise de Bland-Altman e dos coeficientes de Pearson para todos os olhos (catarata bilateral e unilateral), apenas para olhos com catarata bilateral e apenas com catarata unilateral, com e sem correção da idade. **Resultados:** Análise dos dados sem correção da idade nos modelos logarítmico e GEE, respectivamente:  $R^2$  para todos os olhos 0,8228 e 0,8525;  $R^2$  apenas para catarata bilateral 0,8611 e 0,8682;  $R^2$  apenas para catarata unilateral 0,7079 e 0,7989. Análise dos dados com correção da idade nos modelos logarítmico e GEE, respectivamente:  $R^2$  para todos os olhos 0,7347 e 0,8439;  $R^2$  apenas para catarata bilateral 0,7422 e 0,8616;  $R^2$  apenas para catarata unilateral 0,5813 e 0,7999. **Conclusão:** Tanto o modelo logarítmico quanto o GEE obtiveram desempenhos semelhantes na predição de AL para todos os olhos e apenas com catarata bilateral. Para olhos com catarata unilateral, o modelo GEE apresentou melhores resultados. A correção da idade não melhorou a previsão dos modelos.

**Palavras-chave:** Biometria; catarata; catarata congênita; catarata infantil; catarata pediátrica; cirurgia de catarata; comprimento axial; lente intraocular.

## Abstract

MARQUES, J. L. P. **Comparison between two methods for estimating axial length growth of the eye in children submitted to cataract surgery and primary intraocular lens implantation.** 2023. Master's Thesis. Postgraduate Program in Research and Development (Medical Biotechnology) – Botucatu Medical School, São Paulo State University “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2023.

**Purpose:** To compare the performance of two recently published mathematical models, which estimate the axial length (AL) growth of the eye in children diagnosed with congenital and developmental cataract, unilateral and bilateral, who underwent lensectomy and primary intraocular lens (IOL) implantation after 4 weeks old at Clinical Hospital of Botucatu Medical School. These models to be compared are the logarithmic model and the General Estimation Equation (GEE) model. **Methods:** A prospective study of the methods and their results. The AL measured perioperatively ( $AL_0$ ) of each selected eye, and the child's age ( $age_0$ ), were submitted to both methods in order to estimate the AL of the child's eye at a future age during the follow-up. Descriptive analysis was performed for average, standard deviation, minimum, maximum and median values. Bland-Altman plot and Pearson correlation coefficient were analysed for all eyes (unilateral and bilateral cataract), only for bilateral cataract eyes and only for unilateral cataract eyes, with and without age correction. **Results:** Data analysis without age correction in the logarithmic and GEE models, respectively:  $R^2$  for all eyes 0,8228 e 0,8525;  $R^2$  just for bilateral cataract 0,8611 e 0,8682;  $R^2$  just for unilateral cataract 0,7079 e 0,7989. Data analysis with age correction in the logarithmic and GEE models, respectively:  $R^2$  for all eyes 0,7347 e 0,8439;  $R^2$  just for bilateral cataract 0,7422 e 0,8616;  $R^2$  just for unilateral cataract 0,5813 e 0,7999. **Conclusion:** Both logarithmic and GEE models obtained similar results in predicting future AL for all eyes and bilateral cataract eyes. For unilateral cataract eyes, the GEE model showed better outcome. Age correction did not improve the models' prediction.



**Keywords:** Biometrics; cataract; congenital cataract; paediatric cataract; cataract surgery; axial length; intraocular lens.

## Lista de tabelas

Tabela 1 – Número de pacientes por faixa etária, média de idade, desvio padrão, idade mínima e máxima (catarata bilateral e unilateral) .....	37
Tabela 2 – Número de pacientes por faixa etária, média de idade, desvio padrão, idade mínima e máxima (catarata bilateral) .....	38
Tabela 3 – Número de pacientes por faixa etária, média de idade, desvio padrão, idade mínima e máxima (catarata unilateral) .....	38
Tabela 4 – Análise descritiva dos valores medidos e preditos de AL em mm .....	39
Tabela 5 – Análise descritiva dos valores medidos e preditos de AL em mm .....	39
Tabela 6 – Análise descritiva dos valores medidos e preditos de AL em mm .....	40
Tabela 7 – Análise descritiva dos valores medidos e preditos de AL em mm .....	40
Tabela 8 – Análise descritiva dos valores medidos e preditos de AL em mm .....	41
Tabela 9 – Análise descritiva dos valores medidos e preditos de AL em mm .....	41
Tabela 10 – Análise descritiva dos valores medidos e preditos de AL em mm .....	42
Tabela 11 – Análise descritiva dos valores medidos e preditos de AL em mm .....	42
Tabela 12 – Análise descritiva dos valores medidos e preditos de AL em mm .....	43
Tabela 13 – Análise descritiva dos valores medidos e preditos de AL em mm .....	43
Tabela 14 – Análise descritiva dos valores medidos e preditos de AL em mm .....	44
Tabela 15 – Análise descritiva dos valores medidos e preditos de AL em mm .....	44
Tabela 16 – Análise descritiva dos valores de $R^2$ nos diferentes modelos .....	44

Tabela 17 – Análise descritiva da concordância de Lin e de Blant-Altman .....	45
---	----

## Lista de abreviaturas, siglas e símbolos

ACD	profundidade da câmara anterior
ACD <sub>p</sub>	profundidade da câmara posterior
AL	comprimento axial
AL <sub>0</sub>	comprimento axial inicial
CCC	capsulorrexis curvilínea contínua
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
D	dioptrias
ELP	posição efetiva da lente intraocular
<i>et al.</i>	colaboradores
FMB	Faculdade de Medicina de Botucatu
GEE	Equação Geral de Estimação
HC	Hospital das Clínicas
IATS	Infant Aphakic Treatment Study
Idade <sub>0</sub>	idade inicial
K	ceratometria
LIO	lente intraocular
log	logaritmo
LT	espessura do cristalino

m	metro
mm	milímetros
mmHg	milímetros de mercúrio
Nd:YAG	acrônimo do inglês neodymium-doped yttrium aluminium garnet
ONU	Organização Mundial de Saúde
P	poder dióptrico da lente intraocular
PIO	pressão intraocular
PMMA	polimetilmetacrilato
PVF	persistência de vasculatura fetal
R <sup>2</sup>	coeficiente de determinação
SF	fator do cirurgião
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
Unesp	Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"
>	maior que
<	menor que
±	mais ou menos
%	porcentagem

## Sumário

<b>1 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	15
1.1 CATARATA CONGÊNITA E DO DESENVOLVIMENTO .....	15
1.1.1 EPIDEMIOLOGIA .....	15
1.1.2 DIAGNÓSTICO .....	16
1.1.3 TRATAMENTO .....	17
1.1.4 COMPLICAÇÕES PÓS-OPERATÓRIAS .....	21
1.2 COMPRIMENTO AXIAL .....	23
1.3 CERATOMETRIA .....	25
1.4 PROFUNDIDADE DE CÂMARA ANTERIOR E POSIÇÃO EFETIVA DA LENTE INTRAOCULAR .....	26
1.5 BIOMETRIA .....	26
<b>2 INTRODUÇÃO</b> .....	30
<b>3 OBJETIVO</b> .....	31
<b>4 MATERIAL E MÉTODO</b> .....	32
4.1 METODOLOGIA DE ANÁLISE .....	34
4.1.1 MODELO LOGARÍTMICO .....	34
4.1.2. MODELO DE EQUAÇÃO GERAL DE ESTIMAÇÃO.....	35
<b>5 RESULTADO</b> .....	37

5.1 DESCRIÇÃO DA AMOSTRA .....	37
5.2 ANÁLISE DOS DADOS .....	38
5.2.1 MODELO LOGARÍTMICO .....	38
5.2.2 MODELO DE EQUAÇÃO GERAL DE ESTIMAÇÃO.....	41
<b>6 DISCUSSÃO .....</b>	<b>46</b>
<b>7 CONCLUSÃO .....</b>	<b>49</b>
<b>8 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>50</b>
<b>9 APÊNDICE .....</b>	<b>56</b>
9.1 MODELO LOGARÍTMICO .....	56
9.2 MODELO DE EQUAÇÃO GERAL DE ESTIMAÇÃO .....	68

# 1 REVISÃO DA LITERATURA

## 1.1 CATARATA CONGÊNITA E DO DESENVOLVIMENTO

Catarata congênita é qualquer opacidade do cristalino que surge ao nascimento. Ela também é conhecida como infantil, quando diagnosticada nos primeiros 2 anos de vida, ou juvenil, quando se desenvolve até os 12 anos de idade <sup>1, 2, 3, 4</sup>. Pode-se classificá-la em unilateral ou bilateral, completa ou incompleta <sup>5, 6</sup>. É uma enfermidade ocular e representa uma importante causa de cegueira em crianças pelo mundo, principalmente em países em desenvolvimento, devido ao potencial inibitório e restritivo no desenvolvimento visual <sup>2, 7</sup>.

### 1.1.1 EPIDEMIOLOGIA

Catarata congênita e do desenvolvimento são as maiores causas preveníveis e tratáveis de dano visual ao longo da vida <sup>1, 8</sup>. Estima-se que há 1,5 milhão de crianças cegas pelo mundo, cuja prevalência é de 1 a 4 em cada 10.000 nascimentos em países industrializados e de 5 a 15 para 10.000 nascimentos em países em desenvolvimento <sup>1, 3, 9</sup>. Sua incidência não é conhecida. Existem cerca de 200.000 crianças cegas no mundo por catarata infantil e a cada ano nascem entre 20.000 e 40.000 crianças com catarata do desenvolvimento bilateral. Considerando uma taxa de 2% ao nascimento (20.000/1.000.000 de habitantes), aproximadamente 4 crianças/1.000.000 de habitantes/ano nascerão com catarata bilateral em países industrializados e 10 crianças/1.000.000 de habitantes/ano nascerão em países em desenvolvimento. Este aumento está relacionado à alta taxa de natalidade e à prevalência aumentada. A taxa de mortalidade de crianças cegas em países em desenvolvimento também é elevada <sup>9</sup>.

A Organização Mundial de Saúde (ONU) define cegueira como acuidade visual corrigida no melhor olho menor que 20/400, ou 3/60, e dano visual severo menor que 20/200, ou 6/60. Cegueira na infância é rara e depende de fatores socioeconômicos, da localização, da disponibilidade de atendimento primário de saúde e de serviços oftalmológicos. Em aproximadamente metade das crianças cegas, a causa da cegueira poderia ter sido prevenida se



tratada precocemente. Suas principais causas são má nutrição e deficiência de vitamina A, infecções como sarampo, rubéola e meningite, doenças hereditárias (20% história familiar positiva, doença autossômica dominante, recessiva e ligada ao X), anomalias congênitas (30% anormalidades cromossômicas e sistêmicas), distúrbios metabólicos (galactosemia), catarata e glaucoma congênitos, persistência primária do vítreo hiperplásico, retinopatia da prematuridade, distrofias retinianas, lesões no nervo óptico (atrofia e hipoplasia) e no sistema nervoso central, medicamentosa, sistema de saúde precário e falta de serviços de suporte familiar <sup>1, 5, 6, 9, 10</sup>.

A prevenção de cegueira na infância é feita através de medidas como educação em saúde, saneamento básico, imunização, controle de deficiências vitamínicas e doenças endêmicas, facilitar o acesso aos serviços de oftalmologia, tratamento medicamentoso e cirúrgico precoces. Uma criança que nasce cega ou que se torna cega enfrenta desafios emocionais, familiares, sociais, econômicos e financeiros. O controle da cegueira está diretamente ligado à sobrevivência da criança <sup>1</sup>.

### **1.1.2 DIAGNÓSTICO**

O exame do reflexo vermelho, ou teste do reflexo de Buckner, é um teste prático que utiliza um oftalmoscópio direto e consiste na visualização da pupila da criança há um braço de distância. O examinador deve observar através da pupila de ambos os olhos simultaneamente reflexos vermelhos e simétricos. Qualquer alteração no reflexo vermelho, como manchas claras ou escuras, leucocoria, e ausência ou assimetria do reflexo, são motivos para suspeitar de doenças oculares. Neste caso, a criança deve ser referenciada a passar em consulta com um médico oftalmologista <sup>3</sup>.

A causa mais frequente de alteração do reflexo vermelho na infância é catarata infantil, doença tratável que apresenta um resultado visual favorável, desde que diagnosticada e tratada. Outras afecções oculares, como retinoblastoma, alterações corneanas e do polo posterior, também podem alterar o reflexo vermelho em crianças <sup>3</sup>.

Em caso de diagnóstico de catarata bilateral na ausência de alterações sistêmicas, não há consenso de solicitar exames laboratoriais e radiológicos para investigação clínica. Quando a etiologia da catarata é desconhecida, também não há consenso de dilatar os familiares. Se a criança

apresenta risco anestésico aumentado, é recomendado operar a catarata bilateral na sequência imediata <sup>11</sup>.

### 1.1.3 TRATAMENTO

O manejo de catarata em crianças é diferente do em adultos devido a mudanças do estado refrativo do olho, dificuldades em documentar alterações anatômicas e refracionais pela falta de colaboração, desafios cirúrgicos, maior propensão à inflamação no pós-operatório e tendência a desenvolver ambliopia. Na ausência de redução de acuidade visual, recomenda-se apenas o acompanhamento clínico ambulatorial <sup>2</sup>. Catarata polar anterior e pequenas opacidades periféricas não necessitam de cirurgia, e permitem o desenvolvimento visual próximo aos níveis de normalidade, preservando a acomodação <sup>5</sup>.

A prevenção de catarata infantil e, conseqüentemente, de cegueira na infância podem ser feitas através de imunização para rubéola e sarampo em garotas de 12 e 13 anos, e crianças menores de 1 ano, aconselhamento e planejamento familiar em casos de catarata congênita autossômica dominante, diagnóstico e tratamento precoces em crianças afetadas para minimizar os riscos de ambliopia <sup>9</sup>.

Conduzir casos de catarata em crianças persiste um desafio, uma vez que o tratamento é frequentemente difícil e requer esforço tanto dos familiares quanto de uma equipe multidisciplinar com pediatra, oftalmologista, anesthesiologista, enfermeiro e outros profissionais de saúde da comunidade <sup>2</sup>.

Os avanços tecnológicos e as melhorias na técnica cirúrgica ajudaram os cirurgiões a operar de forma mais segura <sup>5, 8</sup>. Cirurgias de catarata em crianças são realizadas sob anestesia geral e logo que possível <sup>2, 5</sup>. O cirurgião desempenha um importante papel no alcance de um bom resultado visual <sup>2</sup>. O procedimento ideal é aquele que é realizado em uma única etapa, com remoção total da catarata, sem corectopia, sem prolapso de íris, além de evitar glaucoma e descolamento de retina <sup>6</sup>.

Quando a lente intraocular (LIO) de escolha é rígida, opta-se por confeccionar um túnel

escleral cerca de 2,00 a 2,50 mm do limbo. Esta técnica reduz a incidência de prolapso de íris pela incisão durante a cirurgia e previne o colapso da câmara anterior que ocorre frequentemente em olhos pequenos. Caso a LIO a ser implantada seja dobrável, é preferível realizar um túnel corneano em córnea clara, próximo ao limbo, para máxima cicatrização e que não perturbe a conjuntiva <sup>2</sup>.

A cápsula anterior em olhos jovens é mais elástica, sendo mais difícil de performar a capsulorrexis curvilínea contínua (CCC) manual. Apesar das dificuldades, esta técnica é padrão ouro por criar um limite com menores incidências de rasgos radiais. A CCC automatizada também provou ser uma boa alternativa, sendo melhor executada com uma ponteira de vitreófago acoplada a uma bomba venturi de irrigação e aspiração. Outra alternativa para realizar a CCC é utilizar endodiatermia de alta frequência, em que bolhas são formadas enquanto a cápsula é cortada <sup>2, 8</sup>.

Cataratas congênitas são moles, não sendo necessária a facoemulsificação. O núcleo e o córtex são facilmente aspirados com auxílio de instrumentos e técnicas como bimanual, irrigação e aspiração coaxial ou vitreófago. A hidrodissociação facilita a remoção do material, reduzindo o tempo operatório <sup>2</sup>. Durante a lensexomia, a realização de capsulotomia posterior primária e vitrectomia do vítreo anterior com vitreófago decresce a necessidade de reabordagem cirúrgica em catarata congênita, pois reduz inflamação e fibrose da cápsula posterior <sup>2, 4, 8, 12, 13</sup>. Nos casos em que a cápsula posterior foi deixada intacta, é comumente necessário efetuar a capsulotomia posterior com laser (Nd:YAG) no pós-operatório <sup>2, 4</sup>.

A fixação capsular da LIO é fortemente recomendada para crianças. Por outro lado, a fixação da LIO no sulco ciliar, assim como as lentes de câmara anterior, é uma causa de preocupação e deve ser evitada devido ao contato da zona óptica com o tecido uveal vascularizado por um longo período <sup>2, 4, 12</sup>. A fim de minimizar erosão ou trauma da íris e do corpo ciliar, recomenda-se capturar a zona óptica na capsulotomia anterior ou posterior. Esta manobra também assegura centralização da LIO e previne captura pupilar (8,50 a 41,00%) <sup>2</sup>.

Não é incomum a ocorrência de vômito no pós-operatório imediato. Isso, além do ato de esfregar os olhos, justifica suturar as incisões com fio sintético absorvível, como, por exemplo, *Vicryl*® 10-0 <sup>2, 4</sup>.

Sobre a técnica cirúrgica, não há consenso de realizar hidrodissociação na ausência de defeito

de cápsula posterior, como também no uso dos instrumentos de irrigação e aspiração (bimanual ou irrigação e aspiração coaxial) para remover a catarata <sup>8, 11</sup>. É aconselhável fazer vitrectomia do vítreo anterior e capsulotomia posterior primária durante a cirurgia, porém sem consenso se por via limbar ou por via pars plana, e se realizadas antes ou depois do implante da LIO <sup>4, 11</sup>. Também não há consenso de idade mínima para realizar o implante primário de LIO em catarata unilateral ou bilateral, assim como qual fórmula deve ser usada para efetuar o cálculo de seu poder. É preferível o uso de lente hidrofóbica, sem consenso entre peça única e 3 peças <sup>11</sup>.

Ao final da cirurgia, recomenda-se injetar antibiótico e corticoide subconjuntival, no entanto ainda sem consenso sobre injetar rotineiramente antibiótico intracamerar e do uso de iodopovidona. É prudente prescrever cicloplégico nos casos de afacia, contudo também não há consenso após o implante de LIO <sup>11</sup>.

Terapia oclusiva deve ser instituída precocemente, assim como estrabismo deve ser corrigido para alinhamento e estabilidade angular <sup>5</sup>. Erro refrativo residual pode estar presente e é necessário corrigi-lo integralmente para otimizar o desenvolvimento visual e prevenir ambliopia <sup>2, 4, 9, 12</sup>. Como o olho da criança continua a crescer após a cirurgia, uma miopia tardia significativa, também conhecida como shift miópico, pode surgir com o passar dos anos, especialmente se a emetropia for alcançada cedo <sup>2</sup>. Não há consenso de qual é a refração pós-operatória ideal após o implante de LIO <sup>8</sup>. Óculos e lente de contato serão usados para a correção do erro refrativo <sup>2, 4, 5</sup>. Alguns autores consideram o uso de óculos para correção de afacia um debilitante visual, cosmético e emocional <sup>4</sup>. A técnica do Piggyback, em que uma lente é implantada no sulco ciliar, é uma alternativa quando requer a correção de uma refração pós-operatória indesejada com alto poder dióptrico <sup>2</sup>.

É aceito o uso de lente de contato de silicone para correção de afacia em crianças até 3 anos, todavia não há consenso sobre o uso de outros materiais após essa idade. As desvantagens de seu uso estão associadas ao alto custo, à habilidade de realizar trocas periódicas e ao esforço exigido dos responsáveis pela criança. Naquelas regiões em que a lente de contato não está disponível nem é acessível financeiramente, recomenda-se o implante primário de LIO <sup>4, 11, 14</sup>. Em países em desenvolvimento o implante primário de LIO pode ser justificado pela dificuldade da família em adquirir óculos ou lente de contato <sup>5, 9</sup>.

O implante de LIO em olhos de recém-nascidos pode induzir a mudanças oculares. McClatchey *et al.* identificaram que olhos pseudofácicos apresentam menor taxa de crescimento refrativo comparado aos afácicos<sup>2</sup>. O estudo The Infant Aphakia Treatment Study (IATS) não mostrou diferença significativa na acuidade visual entre os grupos de lente de contato e implante de LIO. Por outro lado, houve maior número de cirurgias oculares adicionais no grupo de implante de LIO, com diferença significativa, e o grupo de lente de contato experimentou menos efeitos adversos, como proliferação celular, membrana pupilar e corectopia<sup>14</sup>.

As fórmulas teóricas modernas para o cálculo do poder da LIO usualmente utilizadas em adultos deixam uma média de erro maior em crianças<sup>2</sup>. A maior mudança do poder dióptrico do olho ocorre nos dois primeiros anos de vida, com uma redução média de 8,0 dioptrias (D) no poder do cristalino<sup>15</sup>. A média do comprimento axial (em inglês *axial length*, AL) em olhos de recém-nascidos é de 17,0 mm, comparado aos 23,0 e 24,0 mm do adulto. A ceratometria (em inglês *keratometry*, K) normalmente estabiliza após 18 meses. O olho da criança nos primeiros 3 anos de vida é significativamente menor que o do adulto<sup>2</sup>.

A escolha da LIO é muito mais difícil durante a infância devido ao crescimento do olho e à dificuldade de prever as mudanças refrativas em olhos de crianças<sup>2</sup>. É aconselhável escolher um poder da LIO que deixe a criança moderadamente hipermetrope<sup>2,8</sup>. Awner *et al.* recomendam um alvo refracional pós-operatório de +4,0 D para crianças menores de 2 anos, +3,0 D entre 2 e 4 anos, +2,0 D entre 4 e 6 anos, +1,0 D entre 6 e 8 anos, e emetropia para aquelas acima de 8 anos. Outros autores advogam alvo de emetropia, independente da idade, para crianças maiores de 2 anos. Esta alternativa evita potencial ambliopia por hipermetropia residual, porém é necessário lidar com desenvolvimento futuro de miopia<sup>2</sup>.

O implante primário de LIO na cirurgia de catarata congênita rapidamente se tornou um tratamento de correção óptica comum em crianças, especialmente nos dois primeiros anos de vida para reabilitar afacia e promover o desenvolvimento visual. Um número crescente de publicações apoia a segurança e a efetividade do uso de LIO na infância, pois ela promove uma correção integral que simula o cristalino<sup>2,4,7,8,14,16</sup>. Diversas razões podem ser citadas para o aumento do uso de LIO em crianças, dentre elas o tamanho e o material flexível das lentes dobráveis que podem ser alocadas facilmente no saco capsular. Uma LIO padrão de 12,00 a 12,50 mm de diâmetro pode ser seguramente implantada no saco capsular, com boa tolerância ao longo da vida e sem necessidade

de explante. O polimetilmetacrilato (PMMA) é um material biocompatível com mais de 30 anos de uso. O design óptico de borda quadrada das lentes acrílicas atrasa a opacificação da capsula posterior<sup>2</sup>.

#### 1.1.4 COMPLICAÇÕES PÓS-OPERATÓRIAS

Preocupações relacionadas aos riscos e eventos adversos da cirurgia de catarata em crianças, e do implante de LIO, a longo prazo persistem<sup>2, 5, 14</sup>. As complicações pós-operatórias são maiores quando há maior resposta inflamatória, podendo resultar em um desfecho visual pobre. É mandatário acompanhamento frequente e regular para detecção e manejo precoces das complicações<sup>2, 5</sup>.

As primeiras técnicas cirúrgicas executadas para remoção de catarata, como a discisão, extração linear e a intracapsular, apresentavam maiores taxas de complicação, como infecção, uveíte, glaucoma e descolamento de retina. Na discisão, ou agulhamento, a catarata era reabsorvida pelo humor aquoso ou vítreo, porém o procedimento, apesar de simples, necessitava de repetição frequente. Quanto à extração intracapsular, havia risco de perda vítrea e formação de sinéquias pela grande incisão operatória. A técnica de lensectomia e vitrectomia do vítreo anterior via pars plana evita manipulação do endotélio corneano e da íris, reduzindo as complicações intra e pós-operatórias<sup>6, 13, 14, 17, 18</sup>.

Edema de córnea transitório pode ocorrer em cirurgia de catarata infantil, mas a evolução para descompensação corneana e ceratopatia bolhosa é rara<sup>2, 4</sup>. A contagem de células endoteliais em pacientes afácicos ou com implante de LIO não demonstrou perda significativa<sup>2</sup>. Ceratite infecciosa e úlcera de córnea estão relacionadas ao uso de lente de contato<sup>14</sup>.

A incidência de glaucoma após a cirurgia de catarata congênita varia de 3,0% a 32,0%, sendo o tipo mais comum o de ângulo aberto. Os fatores de risco para seu desenvolvimento são rubéola congênita, microftalmia, bloqueio pupilar e sinéquia anterior periférica<sup>2, 5, 10, 13</sup>. A iridectomia periférica pode prevenir o bloqueio pupilar. O intervalo de tempo da cirurgia até a detecção varia de 6 a 56 anos. Aferir a pressão intraocular (PIO), examinar o disco óptico e avaliar o campo visual são tarefas difíceis de serem executadas em crianças, principalmente na presença

de miose e nistagmo. O acompanhamento pós-operatório deve ser feito a cada 3 meses durante o primeiro ano, 2 vezes ao ano até os 10 anos e anual após essa idade. O tratamento medicamentoso deve ser instituído para reduzir a PIO, mas o implante de tubo de drenagem normalmente é necessário para um controle eficaz<sup>2</sup>.

Uveíte anterior pós-operatória em olhos de crianças é caracterizada pelo aumento da reatividade tecidual, especialmente quando há manipulação da íris durante a cirurgia. É comumente reportada, variando de 18,00% a 81,80%. A uveíte resulta em depósito de pigmentos, células inflamatórias e sangue na LIO, na formação de membrana de fibrina e sinéquia posterior, obstruindo o eixo visual. Corticoides tópicos e sistêmicos são necessários para reduzir as complicações relacionadas à uveíte<sup>2, 4, 10, 13, 14, 18</sup>.

Endoftalmite pode acontecer após a cirurgia de catarata congênita, com ou sem implante de LIO, na mesma frequência que em adultos (7/10.000 casos). Os principais fatores de risco são eczema periorbitário, obstrução do ducto nasolacrimal e infecção do trato respiratório superior. Os microorganismos mais comuns são *Staphylococcus aureus*, *S. Epidermidis* e *S. viridans*. Uso de iodopovidona e antibiótico tópico reduzem a flora bacteriana<sup>2</sup>.

A incidência de descolamento de retina na infância após a cirurgia de catarata é baixa, em torno de 1,0% a 1,50%. Os principais fatores de risco são múltiplas cirurgias e alta miopia. O edema macular cistoide é outra complicação rara e provavelmente está relacionada à saúde da vasculatura retiniana<sup>2, 4, 5, 10, 13, 18</sup>.

A fixação capsular da LIO impede o contato da lente com tecidos vascularizados, enquanto a fixação da LIO no sulco ciliar, apesar de segura, mantém um contato uveal não desejado por um período prolongado. Complicações como captura pupilar e descentração da lente são mais frequentes na fixação no sulco ciliar. Na ausência de suporte, a fixação escleral em câmara posterior também pode complicar com captura pupilar, erosão da sutura, erro refrativo por deslocamento anterior ou posterior da LIO<sup>2, 4, 14</sup>.

Manejar a cápsula, tanto anterior quanto posterior, durante o implante de LIO melhorou os resultados e reduziu as complicações. Além disso, não foi reportado aumento de complicações tardias pela execução de capsulotomia posterior primária e vitrectomia do vítreo anterior. A

presença de descolamento de retina e edema macular cistoide são extremamente raras após a cirurgia de catarata pediátrica, com ou sem capsulotomia posterior primária e vitrectomia do vítreo anterior. A capsulotomia posterior com laser (Nd:YAG) também carrega o risco de descolamento de retina e edema macular cistoide. Uma maior quantidade de energia de laser é necessária quando comparada aos adultos e a abertura da cápsula posterior pode fechar, precisando de repetidos tratamentos com laser ou membranectomia secundária via pars plana. A taxa de opacificação do eixo visual pelo desenvolvimento de membrana secundária é de 100% e não reduziu significativamente apenas com capsulotomia posterior. Somente após a introdução da vitrectomia do vítreo anterior, a taxa de opacificação caiu. Gimbel e DeBrof recomendam a captura da zona óptica da LIO na cápsula posterior, enquanto os hápticos permanecem no saco capsular, para prevenir a formação de membrana secundária e garantir a centralização da LIO. A contração e fibrose excessiva da cápsula anterior, assim como trauma zonular e perda do suporte, podem descentrar a LIO<sup>2</sup>.

## 1.2 COMPRIMENTO AXIAL

O comprimento axial corresponde a distância da superfície anterior da córnea ao epitélio pigmentado da retina / membrana de Bruch, para biometria óptica, ou à membrana limitante interna, no caso de biometria ultrassônica, e desempenha um importante papel refracional<sup>7, 19, 20</sup>.

O olho humano cresce inicialmente na vida intrauterina e continua este processo de forma intensa após o nascimento<sup>15, 21, 22</sup>. O maior crescimento do AL ocorre nos primeiros 3 a 6 meses de vida (16,80 mm) e reduz gradativamente nos 2 a 3 anos consecutivos, até finalmente estabilizar entre 16 e 18 anos. Na vida adulta, o AL praticamente se mantém inalterado (23,60 mm)<sup>7, 12, 19, 23</sup>.

Do nascimento à idade adulta, o AL cresce em torno de 7,0 mm, sendo necessária uma redução de 30,0 D do poder refrativo total do olho para manter a emetropia<sup>15</sup>. O AL é a medida mais importante na determinação do poder da LIO a ser implantada para correção de afacia após a cirurgia de catarata<sup>20, 24, 25</sup>. No entanto, a escolha da LIO em crianças é desafiadora, pois o olho em crescimento muda o AL de forma variável e de difícil predição<sup>25</sup>.

É possível mensurar o AL de maneira confiável, precisa e reprodutível utilizando métodos



ultrassonográficos e ópticos. O método ultrassonográfico baseia-se na propagação de um pulso de onda mecânica, ultrassom, enquanto o óptico utiliza princípios de interferometria de coerência óptica <sup>26</sup>.

A ultrassonografia ocular modo A-Scan é dividida em contato e de imersão. O tempo que o som leva para percorrer o olho e retornar ao probe é convertido em um valor linear usando a fórmula da velocidade. Cada superfície do olho reflete o som, como a córnea, as faces anterior e posterior do cristalino, e a retina. Isto é traduzido em picos em um gráfico referentes a cada superfície. A distância entre os picos formados pela superfície anterior da córnea e a membrana limitante interna da retina fornece o AL <sup>27, 28</sup>.

No método de contato, o probe deve apenas tocar a córnea sem deprimi-la. Se houver depressão corneana, o AL torna-se menor, gerando uma medida imprecisa e, conseqüentemente, erro refracional pós-operatório <sup>21, 26-29</sup>.

Já no método de imersão, o probe é mergulhado em conteúdo líquido, como soro fisiológico 0,9%, para formar uma interface, evitando, assim, contato com a córnea. Este método apresenta resultados semelhantes e comparáveis ao método óptico, tanto em crianças quanto em adultos, com menor taxa de erro refracional por fornecer picos consistentes e de boa qualidade <sup>26, 27, 29, 30</sup>.

Em caso de desalinhamento do método ultrassonográfico, o AL pode ser sub ou superestimado. A aferição pode ter interferência nos casos de catarata densa, por baixa fixação à luz do probe, e estafiloma, em que a onda pode ser alterada, aumentando a chance de erro <sup>27</sup>.

Em crianças, geralmente menores de 4 anos ou não colaborativas, o método ultrassonográfico de imersão é o método de escolha por possibilitar a aferição do AL no centro cirúrgico, sob anestesia geral antes da cirurgia <sup>26</sup>.

O AL também pode ser medido por interferometria óptica (*IOLMaster*®), mesmo princípio da tomografia de coerência óptica. É um método não invasivo, sem contato com o paciente, logo sem risco de infecção e não necessita de anestesia. Por combinar medidas de AL e K, ele é altamente preciso, acurado e reprodutível. Algumas desvantagens deste método são alto custo, dificuldade de ser usado em pacientes não colaborativos e com baixa fixação, como crianças e pacientes síndrômicos, e em meios com redução da transparência, como catarata densa. Em

contrapartida, é excelente em condições especiais como olhos muito curtos ou longos, com estafiloma posterior, e olhos com cirurgia prévia que possuem óleo de silicone <sup>27-29</sup>.

### 1.3 CERATOMETRIA

Baseado em disco de Plácido, a ceratometria é a relação entre o tamanho do objeto e sua imagem refletida na córnea <sup>31,32</sup>.

As medidas ceratométricas, além de aferir o raio de curvatura corneano, determinando, assim, seu poder, fornecem a magnitude do astigmatismo e seu eixo <sup>16, 20, 33, 34</sup>. K é utilizado na cirurgia de catarata para auxiliar no cálculo do poder da lente intraocular <sup>20, 33</sup>. Sua influência é menor quando comparada ao comprimento axial <sup>21</sup>.

Já está bem documentado na literatura que crianças de 0 a 6 meses de vida apresentam K significativamente mais curva (51,20 D), incluindo aquelas com diagnóstico de catarata congênita e do desenvolvimento. É observada uma rápida diminuição de K nas primeiras 2 a 4 semanas de vida, mantendo redução nas 8 semanas seguintes e estabilizando em torno de 6 a 12 meses após o nascimento (43,50 D). Diferentemente do comprimento axial, os valores de K assemelham-se aos da idade adulta logo nos primeiros anos de vida <sup>7, 15, 16, 23, 31, 35</sup>.

Em pacientes colaborativos, os valores ceratométricos podem ser obtidos através de ceratômetro manual ou automatizado, de preferência com o paciente sentado, cabeça alinhada ao eixo visual, fixando o alvo dentro do aparelho e piscar antes de capturar a imagem, se necessário. Entretanto, em pacientes não colaborativos, como crianças, a melhor opção é o ceratômetro portátil, uma vez que é acurado, reprodutível, de rápido e fácil uso em diferentes posições, inclusive no centro cirúrgico sob anestesia geral <sup>16, 32, 33, 36-39</sup>.

A aferição de K pode ser influenciada por decúbito dorsal, uso de blefarostato e depressor escleral, quebra do filme lacrimal e instilação de lágrima artificial, falta de fixação, desalinhamento ou rotação do aparelho em relação ao eixo visual, e opacidade ou deformidade corneana. Crianças do sexo feminino apresentam medidas ceratométricas mais curvas quando comparadas às do sexo oposto. Crianças com diagnóstico de catarata congênita e do desenvolvimento apresentam K mais

curva em relação às que não possuem esta patologia ocular<sup>16, 23, 30, 31, 37, 39</sup>.

#### **1.4 PROFUNDIDADE DE CÂMARA ANTERIOR E POSIÇÃO EFETIVA DALENTE INTRAOCULAR**

A profundidade de câmara anterior (em inglês *anterior chamber depth*, ACD) é a distância do epitélio corneano à superfície anterior da lente. Normalmente olhos curtos têm córnea mais curva e ACD mais rasa. Enquanto olhos longos apresentam ACD mais profunda<sup>30, 40, 41</sup>.

A posição efetiva da lente intraocular (em inglês *effective lens position*, ELP) é a medida entre a superfície anterior da córnea e o plano principal da LIO. O plano principal da LIO é um plano teórico, onde se situa o foco da LIO, resultado da soma de suas superfícies refrativas anterior e posterior<sup>20, 24</sup>.

A ELP está diretamente relacionada à ACD e é de extrema importância na precisão do cálculo da LIO. No entanto, a ELP não pode ser aferida antes da cirurgia. Por esta razão, ela deve ser estimada através de medidas pré-operatórias<sup>42</sup>.

As fórmulas de terceira geração utilizam a ceratometria para estimar a ELP, enquanto as fórmulas mais modernas usam medidas de K, ACD e espessura do cristalino (em inglês *lens thickness*, LT) para sua estimativa<sup>20, 24, 41</sup>. Erro na predição de ACD pode influenciar de 20% a 40% a refração final<sup>41</sup>.

#### **1.5 BIOMETRIA**

O poder refrativo do olho humano depende de três fatores: do comprimento axial, da ceratometria e do poder do cristalino, sendo relevante apenas os dois primeiros para a cirurgia de catarata. Na prática clínica, a biometria é o processo de aferição de AL e K nas fórmulas de terceira geração, e de outras medidas como ACD e LT, em fórmulas mais modernas, não necessariamente mais precisas, a fim de determinar o poder da LIO ideal para alcançar a refração pós-operatória desejada<sup>20, 24, 27</sup>.

As primeiras fórmulas de vergência teórica foram feitas com base na geometria óptica aplicada a um modelo esquemático do olho <sup>27, 43</sup>. Em 1967 Fyodorov estimou o poder da LIO utilizando AL, altura corneana (distância do endotélio ao plano da íris), distância vértice (distância da lente dos óculos à superfície ocular), uma constante para a posição da LIO e refração pós-operatória. São fórmulas complexas quando comparadas às fórmulas regressivas <sup>24, 40, 42</sup>.

As fórmulas empíricas para o cálculo do poder da LIO que derivam da análise de regressão linear são simples e mais acuradas que as fórmulas teóricas, uma vez que estas superestimam o poder da lente. A fórmula SRK, proposta por Sanders, Retzlaff e Kraff, foi a primeira fórmula desenvolvida e publicada em 1980. Sanders substituiu, de acordo com o AL do paciente, a ACD por uma constante A individualizada para cada tipo de LIO.

$$P = A - 2,50L - 0,90K$$

sendo P o poder da LIO em D para emetropia, A a constante da LIO e de seu material, L o comprimento axial em mm e K a ceratometria em D. Na ocasião foi a fórmula que apresentou menor margem de erro e foi bem aceita para olhos entre 22,00 e 24,50 mm. Entretanto, ela não considera a miopização, aspecto importante para pacientes pediátricos <sup>7, 15, 41-44</sup>.

Em 1988 SRK II, fórmula de segunda geração, ajustou a constante A com base no AL para englobar casos não contemplados pelas de primeira geração. A fórmula foi modificada para melhorar os resultados dos casos fora da média, como olhos muito curtos ou longos, os quais têm uma maior chance de erro <sup>42, 43</sup>.

Dentre as fórmulas de segunda geração, os melhores resultados foram observados com fórmulas polinomiais regressivas. Holladay melhorou o posicionamento do plano óptico da LIO e sua relação com o vértice da córnea e a fóvea <sup>24</sup>.

As fórmulas de terceira geração variam a ACD baseada no AL e na curvatura corneana do paciente. Holladay combinou ACD personalizada ao método de Fyodorov. Este parâmetro era a somatória da espessura corneana, da altura corneana e da distância do plano da íris ao plano principal da LIO <sup>42</sup>.

SRK-T, fórmula regressiva de terceira geração, utiliza a constante A em vez do fator do

cirurgião (em inglês *surgeon factor*, SF) para criar um fator de compensação que, adicionado à altura corneana de Fyodorov, resulta em ACD. Em olhos longos maiores que 26,00 mm seu desempenho foi superior a Holladay e Hoffer Q <sup>42</sup>.

Hoffer Q, uma fórmula teórica, foi desenvolvida para prever ACD pseudofácica. Ela baseia-se em uma ACD personalizada para qualquer tipo de LIO, utilizando parâmetros como tangente da córnea e AL <sup>40, 42</sup>. Por usar a constante ACD, ela obteve resultados semelhantes a Holladay e SRK-T, e foi mais acurada que SRK e SRK II, fórmulas regressivas que utilizam constantes personalizadas otimizadas. Clinicamente ela também demonstrou desempenho superior a Holladay e SRK-T em olhos curtos menores que 22,00 mm <sup>42</sup>.

O cálculo acurado do poder da LIO sempre foi importante. A acurácia depende de três fatores: medidas biométricas precisas, manufatura de qualidade da LIO e precisão das fórmulas para obter o poder da LIO desejado <sup>24, 42</sup>. Além do AL pré-operatório, estimar a posição da LIO pós-operatória no intraoperatório e a refração pós-operatória foram os parâmetros de maior contribuição de erro. Melhorias nos resultados refrativos requerem melhores métodos de predição de ELP pós-operatória. Erro na predição, somado ao erro de aferição de AL, corresponde a 80% de todos os erros <sup>20, 24, 41</sup>.

Estimar o poder da LIO em pacientes fora dos padrões normais é mais desafiador. Olhos pequenos têm dimensões menores e requerem lentes de maior poder dióptrico, conferindo menor tolerância a qualquer erro no cálculo da LIO. Em pacientes com olhos longos e presença de estafiloma deve-se priorizar o uso de biômetro óptico a fim de reduzir erros de aferição de AL pela imprevisibilidade do posicionamento da fôvea. Quanto menor o poder da lente, menor é a interferência de seu posicionamento na refração final <sup>20, 30, 40</sup>.

SRK e SRK II não são mais utilizadas <sup>27, 43</sup>. As fórmulas mais modernas, a exemplo da Barrett Universal II, Haigis, Holladay II e Olsen, acrescentaram outros parâmetros como diâmetro corneano horizontal (banco a branco), LT, ACD pré-operatória e refração pós-operatória. As melhores fórmulas para o cálculo em olhos pequenos / curtos menores que 22,00 mm são Haigis, Hoffer Q e Holladay II. Para olhos longos maiores que 26,00 mm, as melhores são SRK-T, Barrett Universal II, Olsen e Haigis com constantes otimizadas <sup>40</sup>. Diversas fórmulas para o cálculo de LIO foram desenvolvidas, porém não há consenso de qual delas deve ser usada ou qual é a mais

acurada<sup>7, 24, 44</sup>. Nem todas as fórmulas estão disponíveis nos diferentes biômetros<sup>27, 43</sup>.

A seleção do poder da LIO em cirurgia de catarata congênita é um desafio, principalmente em crianças menores de 1 ano, devido a imprevisibilidade do crescimento do olho (aumento de AL e redução de K), dificuldades técnicas de aferir parâmetros biométricos e uso de fórmulas destinadas a adultos<sup>7, 23, 25, 28</sup>.

As fórmulas criadas para adultos não são acuradas em olhos de crianças, uma vez que são fórmulas teóricas ou regressivas. Para prever a miopização em olhos pseudofácicos, recomenda-se as fórmulas logarítmicas<sup>7, 28</sup>.

Pediatric IOL Calculator é uma calculadora pediátrica que usa uma modificação da fórmula SRK II com o algoritmo da Holladay em uma tentativa de prever a refração em uma criança pseudofácica. Esta fórmula não é válida para crianças menores de 3 meses<sup>7</sup>.

Lottelli Pediatric IOL Calculator também é uma calculadora pediátrica criada com base em um método logarítmico, cujos parâmetros biométricos utilizados para o cálculo do poder da LIO foram estimados em uma idade futura da criança<sup>21</sup>.

Em condições ideais, recém-nascidos e crianças não colaborativas teriam suas medidas de ceratometria e biometria ultrassonográfica de imersão realizadas sob anestesia geral. Infelizmente a maioria dos centros médicos não disponibiliza aparelhos portáteis<sup>23, 28</sup>. Quando a criança é colaborativa, prefere-se à biometria óptica sem necessidade de sedação<sup>21</sup>.

Alcançar um resultado refracional desejável após o implante primário de LIO é crucial para minimizar anisometropia<sup>6</sup>. Quando o alvo não é atingido, efeitos refrativos a longo prazo serão amplificados, gerando um grande resultado adverso<sup>24, 27, 28</sup>.

## 2 INTRODUÇÃO

O tratamento da catarata infantil é desafiador por se tratar de um olho em crescimento, em um paciente com sistema visual ainda em desenvolvimento, e com necessidade de acompanhamento pós-operatório por tempo prolongado<sup>21, 25</sup>. Houve grande evolução no tratamento cirúrgico da catarata congênita nos últimos 30 anos<sup>35</sup>. O implante primário de LIO é bem aceito atualmente após o primeiro ano de vida, mas ainda considerado controverso em crianças menores<sup>45</sup>.

Outra dificuldade é a escolha da LIO a ser implantada. Se uma LIO que leve a emetropia for implantada em uma criança menor de um ano de vida, isso levará a um residual miópico muito elevado na vida adulta. Sendo assim, é consenso que o implante, quando realizado, deve levar à hipermetropia, que será corrigida com óculos ou lente de contato. Mas quanto de residual hipermetrópico deve ser considerado para cada criança é um questionamento frequente.

No desenvolvimento destes modelos baseados em refrações pós-operatórias para estimar o crescimento do AL, autores mostraram que o crescimento ocular se encaixa bem em uma curva logarítmica e, na evolução de seus modelos, sugeriram a correção da idade em 0,6 anos para melhorar a previsibilidade do modelo, pois o crescimento ocular não se inicia ao nascimento, mas sim intraútero.

Até então existiam recomendações baseadas apenas na idade da criança, sem levar em conta o comprimento axial inicial ( $AL_0$ ). Recentemente artigos foram publicados com modelos matemáticos baseados em AL medido, e não estimado pela refração pós-operatória, e que consideram não apenas a idade no momento da cirurgia, mas também  $AL_0$ <sup>21, 34</sup>.

### 3 OBJETIVO

O objetivo deste estudo é comparar o desempenho de dois modelos matemáticos recentemente publicados, os quais estimam o crescimento do AL de olhos de crianças diagnosticadas com catarata congênita e do desenvolvimento, unilateral e bilateral, submetidas à facectomia com implante primário de LIO a partir de 4 semanas de vida no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu. Estes modelos a serem comparados são o modelo logarítmico<sup>21, 25</sup> e o de Equação Geral de Estimação (em inglês *General Estimation Equation*, GEE)<sup>25</sup>.



## 4 MATERIAL E MÉTODO

Este estudo é um subprojeto do Protocolo de Estudo (Protocolo CEP 3358-2009) “Implante Primário de Lente Intraocular para Tratamento de Catarata Congênita e do Desenvolvimento”, iniciado em 2011 e que continua em andamento com inclusão de novos pacientes mediante assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) pelos pais ou responsáveis legais<sup>46</sup>.

O atual projeto de pesquisa, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (número do parecer 5.523.776), é um estudo prospectivo entre os anos de 2011 e 2021 que compara dois métodos e seus resultados para estimativa de AL de olhos de crianças com catarata congênita e do desenvolvimento, as quais realizaram facectomia com implante primário de LIO após 4 semanas de idade no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu. Além disso, os pais ou responsáveis legais compreenderam e consentiram de forma livre e esclarecida a participação da criança no estudo.

No intraoperatório, após anestesia geral, foram realizados os seguintes exames oftalmológicos: diâmetro corneano horizontal com auxílio de compasso Castroviejo angulado, ceratometria com autoceratômetro e autorrefrator *Retinomax K-plus 2®*, tonometria com tonômetro manual *Tono-Pen® XL*, biometria de imersão utilizando o biômetro *Alcon OcuScan RxP®*, no qual são mensurados AL, ACD, LT e paquimetria. A fundoscopia indireta e mapeamento de retina também foram realizados com oftalmoscópio binocular indireto - Schepens Eyetec® antes, quando possível, e ao final da cirurgia após dilatação ocular com 3 gotas de tropicamida 0,5% e fenilefrina 2,5%.

Durante a cirurgia foi realizada aspiração da catarata por via anterior através de duas incisões de 1,0 mm cada, às 2h e 10h, implante de LIO hidrofóbica no saco capsular, capsulotomia posterior e vitrectomia do vítreo anterior automatizada por via pars plana / plicata entre 9h e 10h a 2,50 mm do limbo em crianças menores de 6 meses, e a 3,0 mm em crianças maiores. Até 2016 era feita uma abertura conjuntival e esclerotomia de 1,0 mm com esclerótomo. Após esta data, passou-se a utilizar trocater com vitreófago de ponteira 23 Gauge.

A escolha da LIO prevê um residual hiperométrico com magnitude dependente de diversos fatores como bilateralidade e estado refracional do olho contralateral.

Em crianças menores de 1 ano de idade, o seguimento foi realizado a cada 3 meses e, após essa idade, a cada 6 meses, com exame sob narcose no centro cirúrgico, onde foram feitos os

mesmos exames descritos no intraoperatório, utilizando os mesmos equipamentos, exceto a biometria, a qual foi coletada a profundidade de câmara anterior pseudofácica (ACDp). O acompanhamento sob narcose foi feito até que a criança colaborasse para realizar os exames ambulatorialmente.

No ambulatório foram realizadas medidas de K e autorrefração, utilizando autorrefrator com ceratômetro automatizado de mesa *Potec PRK-6000*®, e medidas de AL, ACDp e diâmetro corneano com biômetro óptico *ZEISS IOLMaster 500*®. A pressão intraocular (PIO) foi aferida com tonômetro de aplanção de Goldmann acoplado à lâmpada de fenda. Refração subjetiva com medida de acuidade visual também foi realizada, quando possível, assim como fundoscopia binocular indireta.

Os dados coletados foram armazenados em uma planilha do programa *Microsoft Excel*®. Este banco de dados contém informações pré-operatórias como idade, gênero, K, AL, ACD, LT, paquimetria e poder da LIO implantada, e informações pós-operatórias como idade, tempo de seguimento, K, AL, ACDp, paquimetria, refração e acuidade visual, quando possíveis.

Foram incluídos olhos de crianças portadoras de catarata congênita e do desenvolvimento, unilateral e bilateral, submetidas à facectomia com implante primário de LIO hidrofóbica no saco capsular após 4 semanas de vida, cujos dados de seguimento pós-operatório foram coletados com tempo mínimo de 6 meses entre a cirurgia e a aferição.

Foram excluídas do estudo crianças de ambos os sexos portadoras de comorbidades oculares associadas a maculopatia, retinopatia, suspeita de glaucoma, glaucoma, catarata traumática, diâmetro corneano horizontal inferior a 9.0 mm e persistência de vasculatura fetal (PVF). Crianças que desenvolveram glaucoma (PIO > 21 mmHg associado a aumento do diâmetro corneano, aumento do AL, aumento da escavação do nervo óptico de 0,2 e/ou procedimento cirúrgico realizado para controle de PIO) ou suspeita de glaucoma (PIO > 21 mmHg sem alteração anatômica) durante o seguimento também foram excluídas <sup>21</sup>.

Todas as etapas do estudo, incluindo exame sob narcose e cirurgia, foram executadas por cirurgião especialista em catarata pediátrica nas dependências do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu da Universidade Estadual Paulista.

Foram criados modelos matemáticos de estimativa de AL futuro utilizando os modelos logarítmico e de GEE <sup>21,49</sup>. As análises foram feitas considerando:

- 1 – Todos os olhos (catarata bilateral e unilateral);

- 2 – Apenas olhos com catarata bilateral;
- 3 – Apenas olhos com catarata unilateral.

Além disso, nas três análises acima, foi avaliado o efeito da correção da idade, sugerido em estudos prévios <sup>47</sup>, tanto para o modelo logarítmico quanto para o de GEE. Essa correção foi proposta para diminuir o efeito assintótico do crescimento logarítmico do olho uma vez que o crescimento ocular se inicia na vida intrauterina e não ao nascimento. Desta forma, a todas as idades do banco de dados foi somado 0,6 anos antes das análises. Isto é, se a idade de um paciente em um determinado momento era de 1 ano, considerou-se que neste momento a idade seria de 1,6 anos.

O AL medido no perioperatório ( $AL_0$ ) de cada um dos olhos selecionados, e a idade da criança no momento da aferição ( $idade_0$ ), foram aplicados nos dois métodos para calcular o AL do olho da criança em um tempo futuro durante o seguimento. O valor do AL estimado por cada um dos modelos foi comparado ao aferido para estimar o erro de predição de cada um deles.

Na criação do modelo logarítmico foram utilizados  $idade_0$  e  $AL_0$  medido no momento da cirurgia, enquanto o modelo de GEE foram considerados  $idade_0$ ,  $AL_0$ , K, ACD e LT também medidos no momento da cirurgia. As idades e os ALs medidos durante o seguimento foram utilizados em ambos os modelos.

#### 4.1 METODOLOGIA DE ANÁLISE

Os modelos matemáticos foram utilizados com o objetivo de determinar funções para estimar a medida de AL em uma idade futura a partir de dados obtidos no momento da cirurgia.

##### 4.1.1 MODELO LOGARÍTMICO

O modelo logarítmico foi criado a partir de medidas de AL realizadas no momento da cirurgia ( $AL_0$ ) e durante o seguimento pós-operatório, e a respectiva idade da criança em cada aferição.

##### A) Modelo logarítmico 1

Para cada olho foi calculado uma inclinação (*slope*) utilizando o AL medido e o  $\log_{10}$  idade no momento da cirurgia e, pelo menos, mais uma medida de AL pós-operatória com o  $\log_{10}$  idade na qual a medida foi realizada <sup>25</sup>.

Utilizando a média das inclinações calculadas para cada olho e o modelo abaixo foi possível estimar o valor de AL nas diferentes idades do seguimento e compará-lo ao medido.

$$AL = AL_0 + slope \times \log_{10} \left( \frac{idade}{idade_0} \right)$$

sendo:

AL: AL futuro a ser estimado;

AL<sub>0</sub>: AL medido no momento da cirurgia;

*slope*: inclinação média gerada pelo modelo;

idade: idade em que se deseja estimar o AL futuro;

idade<sub>0</sub>: idade no momento da cirurgia.

### **B) Modelo logarítmico 2**

Este segundo modelo logarítmico foi criado somando 0,6 anos às idades, tanto no momento da cirurgia quanto no seguimento pós-operatório <sup>21</sup>.

Da mesma forma, utilizando a média das inclinações calculadas para cada olho e o modelo abaixo, foi possível estimar o valor de AL nas diferentes idades do seguimento e compará-lo ao medido.

$$AL = AL_0 + slope \times \log_{10} \left( \frac{idade + 0,6}{idade_0 + 0,6} \right)$$

## **4.1.2 MODELO DE EQUAÇÃO GERAL DE ESTIMAÇÃO**

O modelo GEE foi criado a partir de medidas de AL realizadas no momento da cirurgia (AL<sub>0</sub>) e durante o seguimento pós-operatório, e a respectiva idade da criança em cada aferição, assim como medidas de K, ACD e LT no momento da cirurgia.

### **A) Modelo GEE 1**

Este modelo foi criado em função da idade quando AL foi medido.

### **B) Modelo GEE 2**

Modelo ajustado em função da idade somada a 0,6 anos (idade em que AL foi medido + 0,6).

Os quatro modelos foram criados utilizando:

- Todos os olhos com catarata;
- Apenas olhos com catarata bilateral;
- Apenas olhos com catarata unilateral.

Inicialmente foi feita uma análise descritiva com o cálculo de média, desvio padrão, valores mínimo, máximo e mediana para as variáveis consideradas.

Para os dados obtidos de AL, foram ajustados o modelo logarítmico e o modelo de GEE.

Toda análise foi feita utilizando o programa SAS for Windows, v.9.4.

Parâmetros mais detalhados das análises estatísticas, como os coeficientes de Pearson, gráficos com valores de AL estimados e preditos, análise de Bland-Altman e informações relativas às análises de GEE encontram-se no apêndice.

## 5 RESULTADO

### 5.1 DESCRIÇÃO DA AMOSTRA

Dos 163 olhos com catarata bilateral e 61 olhos com catarata unilateral operados entre janeiro de 2011 e dezembro de 2021 foram incluídos 143 olhos, sendo 101 com catarata bilateral e 42 com catarata unilateral. Do total dos olhos de pacientes com catarata bilateral, 45 olhos (45%) de 23 crianças do sexo feminino e 56 olhos (56%) de 28 crianças do sexo masculino, foi excluído apenas um dos olhos de uma criança do sexo feminino. Dos 42 olhos com catarata unilateral, 22 (52%) eram de crianças do sexo feminino e 20 (48%), do sexo masculino.

A média de idade em cada faixa etária no momento da cirurgia, desvio padrão, idades mínima e máxima encontram-se descritos nas Tabelas 1, 2 e 3.

Foram realizadas entre uma e cinco medidas pós-operatórias de AL em mm, totalizando 447 medidas (média  $3,24 \pm 1,57$ ). Nos pacientes com catarata bilateral foram realizadas 329 medidas (média  $4,00 \pm 1,54$ ) e 197 nos pacientes com catarata unilateral (média  $3,74 \pm 2,63$ ).

**Tabela 1.** Número de pacientes por faixa etária, média de idade, desvio padrão, idade mínima e máxima (catarata bilateral e unilateral)

<b>Idade (anos)</b>	<b>Número de olhos</b>	<b>Média de idade</b>	<b>Desvio padrão</b>	<b>Valores mínimo e máximo</b>
<b>&lt; 0,5</b>	38	0,25	0,12	0,10-0,49
<b>0,5-1,0</b>	13	0,67	0,17	0,53-1,00
<b>1,0-2,0</b>	15	1,46	0,31	1,10-1,94
<b>2,0-4,0</b>	33	3,12	0,46	2,18-3,87
<b>4,0-6,0</b>	20	5,25	0,61	4,12-5,92
<b>&gt; 6,0</b>	24	7,15	1,41	6,01-10,95
<b>Todos</b>	143	2,66	2,76	0,10-10,95

**Tabela 2.** Número de pacientes por faixa etária, média de idade, desvio padrão, idade mínima e máxima (catarata bilateral)

<b>Idade (anos)</b>	<b>Número de olhos</b>	<b>Média de idade</b>	<b>Desvio padrão</b>	<b>Valores mínimo e máximo</b>
< 0,5	22	0,27	0,10	0,10-0,44
0,5-1,0	8	0,75	0,15	0,57-0,96
1,0-2,0	11	1,46	0,33	1,15-1,94
2,0-4,0	24	2,91	0,48	2,18-3,85
4,0-6,0	19	5,33	0,61	4,12-5,92
> 6,0	17	7,21	1,57	6,01-10,95
<b>Todos</b>	101	1,05	2,80	0,10-10,95

**Tabela 3.** Número de pacientes por faixa etária, média de idade, desvio padrão, idade mínima e máxima (catarata unilateral)

<b>Idade (anos)</b>	<b>Número de olhos</b>	<b>Média de idade</b>	<b>Desvio padrão</b>	<b>Valores mínimo e máximo</b>
< 0,5	16	0,24	0,15	0,10-0,49
0,5-1,0	5	0,65	0,21	0,53-1,00
1,0-2,0	4	1,52	0,29	1,10-1,79
2,0-4,0	9	3,29	0,42	2,61-3,87
4,0-6,0	1	4,46	-	-
> 6,0	7	7,10	0,83	6,12-8,11
<b>Todos</b>	42	1,05	2,53	0,10-8,11

## 5.2 ANÁLISE DOS DADOS

### 5.2.1 MODELO LOGARÍTMICO

#### Modelo Logarítmico 1

**A) Todos os olhos**

Inclinação média: 3,062284

$$AL_{\text{predito}} = AL_0 + 3,062284 \times \log_{10} \left( \frac{\text{idade}}{\text{idade}_0} \right)$$

R<sup>2</sup>: 0,8228

Concordância absoluta: 0,8903

**Tabela 4.** Análise descritiva dos valores medidos e preditos de AL em mm

<b>Medidas Descritivas</b>					
<b>Variável</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Valor Mínimo</b>	<b>Valor Máximo</b>
<b>AL<sub>medido</sub></b>	542	21,62696	1,81508	17,30	26,95
<b>AL<sub>predito</sub></b>	542	21,78915	1,53491	17,90	26,21

**B) Catarata bilateral**

Inclinação média: 2,871886

$$AL_{\text{predito}} = AL_0 + 2,871886 \times \log_{10} \left( \frac{\text{idade}}{\text{idade}_0} \right)$$

R<sup>2</sup>: 0,8611

Concordância absoluta: 0,9149

**Tabela 5.** Análise descritiva dos valores medidos e preditos de AL em mm

<b>Medidas Descritivas</b>					
<b>Variável</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Valor Mínimo</b>	<b>Valor Máximo</b>
<b>AL<sub>medido</sub></b>	401	21,80561	1,87940	17,30000	26,95000
<b>AL<sub>predito</sub></b>	401	21,83022	1,58986	17,85785	26,13418

**C) Catarata unilateral**

Inclinação média: 3,599478

$$AL_{\text{predito}} = AL_0 + 3,599478 \times \log_{10} \left( \frac{\text{idade}}{\text{idade}_0} \right)$$



$R^2$ : 0,5813

Concordância absoluta: 0,6916

**Tabela 6.** Análise descritiva dos valores medidos e preditos de AL em mm

<b>Medidas Descritivas</b>					
<b>Variável</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Valor Mínimo</b>	<b>Valor Máximo</b>
<b>AL<sub>medido</sub></b>	141	21,11887	1,51252	18,01000	25,47000
<b>AL<sub>preditó</sub></b>	141	21,76059	1,38321	18,31757	25,44385

### Modelo Logarítmico 2

#### **A) Todos os olhos**

Inclinação média: 3,6939

$$AL_{\text{preditó}} = AL_0 + 3,6939 \times \log_{10} \left( \frac{\text{idade} + 0,6}{\text{idade}_0 + 0,6} \right)$$

$R^2$ : 0,7347

Concordância absoluta: 0,5379

**Tabela 7.** Análise descritiva dos valores medidos e preditos de AL em mm

<b>Medidas Descritivas</b>					
<b>Variável</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Valor Mínimo</b>	<b>Valor Máximo</b>
<b>AL<sub>medido</sub></b>	542	21,62696	1,81508	17,30000	26,95000
<b>AL<sub>preditó</sub></b>	542	19,39987	2,55918	13,76365	25,28742

#### **B) Catarata bilateral**

Inclinação média: 3,564184

$$AL_{\text{preditó}} = AL_0 + 3,564184 \times \log_{10} \left( \frac{\text{idade} + 0,6}{\text{idade}_0 + 0,6} \right)$$

$R^2$ : 0,7422

Concordância absoluta: 0,5825

**Tabela 8.** Análise descritiva dos valores medidos e preditos de AL em mm

<b>Medidas Descritivas</b>					
<b>Variável</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Valor Mínimo</b>	<b>Valor Máximo</b>
<b>AL<sub>medido</sub></b>	401	21,80561	1,87940	17,30000	26,95000
<b>AL<sub>predito</sub></b>	401	19,77883	2,48586	14,16657	25,27487

### **C) Catarata unilateral**

Inclinação média: 3,998735

$$AL_{\text{predito}} = AL_0 + 3,998735 \times \log_{10} \left( \frac{\text{idade} + 0,6}{\text{idade}_0 + 0,6} \right)$$

R<sup>2</sup>: 0,5813

Concordância absoluta: 0,3873

**Tabela 9.** Análise descritiva dos valores medidos e preditos de AL em mm

<b>Medidas Descritivas</b>					
<b>Variável</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Valor Mínimo</b>	<b>Valor Máximo</b>
<b>AL<sub>medido</sub></b>	141	21,11887	1,51252	18,01000	25,47000
<b>AL<sub>predito</sub></b>	141	18,30758	2,50728	13,55351	24,06158

### **5.2.2 MODELO DE EQUACAO GERAL DE ESTIMAÇÃO**

O modelo GEE foi criado a partir de medidas de AL realizadas no momento da cirurgia (AL<sub>0</sub>) e durante o seguimento pós-operatório, com a respectiva idade da criança em cada aferição, assim como medidas de K, ACD e LT no momento da cirurgia. Estas últimas três variáveis não geraram efeito significativo na equação final. Desta forma, elas foram removidas para evitar efeitos de sobreajuste e novas equações foram criadas apenas com as variáveis estatisticamente significativas para melhor desempenho.

### Modelo GEE 1

#### A) Todos os olhos

$$AL_{\text{predito}} = -0,3439 + 1,0175 \times AL_0 + 2,4612 \times \log_{10}(\text{idade}) - 2,7736 \times \log_{10}(\text{idade}_0) + 0,5883 \times \{\log_{10}(\text{idade}_0) \times \log_{10}(\text{idade})\}$$

$$R^2: 0,8525$$

Concordância absoluta: 0,9180

**Tabela 10.** Análise descritiva dos valores medidos e preditos de AL em mm

Medidas Descritivas					
Variável	N	Média	Desvio	Valor	Valor
			Padrão	Mínimo	Máximo
AL <sub>medido</sub>	542	21,62696	1,81508	17,30000	26,95000
AL <sub>predito</sub>	542	21,63746	1,63013	17,74264	26,41151

#### B) Catarata bilateral

$$AL_{\text{predito}} = -1,8862 + 1,0900 \times AL_0 + 2,6461 \times \log_{10}(\text{idade}) - 3,1724 \times \log_{10}(\text{idade}_0) + 0,5183 \times \{\log_{10}(\text{idade}_0) \times \log_{10}(\text{idade})\}$$

$$R^2: 0,8682$$

Concordância absoluta: 0,9275

**Tabela 11.** Análise descritiva dos valores medidos e preditos de AL em mm

Medidas Descritivas					
Variável	N	Média	Desvio	Valor	Valor
			Padrão	Mínimo	Máximo
AL <sub>medido</sub>	401	21,80561	1,87940	17,30000	26,95000
AL <sub>predito</sub>	401	21,82084	1,70755	17,72133	26,56755

#### C) Catarata unilateral

$$AL_{\text{predito}} = -2,8164 + 0,8722 \times AL_0 + 2,2395 \times \log_{10}(\text{idade}) - 2,2352 \times \log_{10}(\text{idade}_0) + 0,8570 \times \{\log_{10}(\text{idade}_0) \times \log_{10}(\text{idade})\}$$

$R^2$ : 0,7989

Concordância absoluta: 0,8893

**Tabela 12.** Análise descritiva dos valores medidos e preditos de AL em mm

<b>Medidas Descritivas</b>					
<b>Variável</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Valor Mínimo</b>	<b>Valor Máximo</b>
<b>AL<sub>medido</sub></b>	141	21,11887	1,51252	18,01000	25,47000
<b>AL<sub>preditó</sub></b>	141	21,15941	1,37307	18,16716	24,73749

### Modelo GEE 2

#### A) Todos os olhos

$$AL_{\text{preditó}} = 0,7248 + 0,9742 \times AL_0 + 3,1657 \times \log_{10}(\text{idade}) - 4,7842 \times \log_{10}(\text{idade}_0) + 1,1143 \times \{\log_{10}(\text{idade}_0) \times \log_{10}(\text{idade})\}$$

$R^2$ : 0,8439

Concordância absoluta: 0,9126

**Tabela 13.** Análise descritiva dos valores medidos e preditos de AL em mm

<b>Medidas Descritivas</b>					
<b>Variável</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Valor Mínimo</b>	<b>Valor Máximo</b>
<b>AL<sub>medido</sub></b>	542	21,62696	1,81508	17,30000	26,95000
<b>AL<sub>preditó</sub></b>	542	21,61797	1,61790	17,88377	26,23447

#### B) Catarata bilateral

$$AL_{\text{preditó}} = -0,9812 + 1,0568 \times AL_0 + 3,4287 \times \log_{10}(\text{idade}) - 5,1768 \times \log_{10}(\text{idade}_0) + 0,9023 \times \{\log_{10}(\text{idade}_0) \times \log_{10}(\text{idade})\}$$

$R^2$ : 0,8616

Concordância absoluta: 0,9235

**Tabela 14.** Análise descritiva dos valores medidos e preditos de AL em mm

<b>Medidas Descritivas</b>					
<b>Variável</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio</b>	<b>Valor</b>	<b>Valor</b>
			<b>Padrão</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>AL<sub>medido</sub></b>	401	21,80561	1,87940	17,30000	26,95000
<b>AL<sub>preditó</sub></b>	401	21,80178	1,69915	17,97049	26,42933

**C) Catarata unilateral**

$$AL_{\text{preditó}} = 3,5851 + 0,8225 \times AL_0 + 3,4287 \times \log_{10}(\text{idade}) - 5,1768 \times \log_{10}(\text{idade}_0) + 2,6173 \times \{\log_{10}(\text{idade}_0) \times \log_{10}(\text{idade})\}$$

$$R^2: 0,7999$$

Concordância absoluta: 0,8906

**Tabela 15.** Análise descritiva dos valores medidos e preditos de AL em mm

<b>Medidas Descritivas</b>					
<b>Variável</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio</b>	<b>Valor</b>	<b>Valor</b>
			<b>Padrão</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>AL<sub>medido</sub></b>	141	21,11887	1,51252	18,01000	25,47000
<b>AL<sub>preditó</sub></b>	141	21,13736	1,38018	18,17809	24,43540

A tabela abaixo sintetiza os valores de  $R^2$  nos diferentes modelos.

**Tabela 16.** Análise descritiva dos valores de  $R^2$  nos diferentes modelos

	<b>Medidas Descritivas</b>					
	<b>Todos (<math>R^2</math>)</b>		<b>Bilateral (<math>R^2</math>)</b>		<b>Unilateral (<math>R^2</math>)</b>	
	<b>Logarítmico</b>	<b>GEE</b>	<b>Logarítmico</b>	<b>GEE</b>	<b>Logarítmico</b>	<b>GEE</b>
<b>Sem correção da idade</b>	0,8228	0,8525	0,8611	0,8682	0,7079	0,7989

<b>Com correção da idade</b>	0,7347	0,8439	0,7422	0,8616	0,5813	0,7999
------------------------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

A tabela abaixo fornece os coeficientes de concordância de Lin e a porcentagem de pontos fora do intervalo de confiança de 95% (Bland-Altman *agreement*).

**Tabela 17.** Análise descritiva da concordância de Lin e de Bland-Altman

	<b>Medidas Descritivas</b>					
	<b>Todos</b>		<b>Bilateral</b>		<b>Unilateral</b>	
	<b>Logarítmico</b>	<b>GEE</b>	<b>Logarítmico</b>	<b>GEE</b>	<b>Logarítmico</b>	<b>GEE</b>
<b>Sem correção da idade</b>	0,8903 5,72%	0,9180 6,64%	0,9149 7,48%	0,9275 7,73%	0,6916 6,38%	0,8893 2,13%
<b>Com correção da idade</b>	0,5379 5,35%	0,9126 6,64%	0,5825 5,49%	0,9235 7,23%	0,3873 2,13%	0,8906 2,13%

O modelo GEE sem correção da idade é o que apresenta melhor desempenho.

O modelo logarítmico sem correção da idade (exceto o grupo unilateral) e o modelo de GEE, tanto sem quanto com correção da idade, apresentam desempenho bastante semelhantes quando analisados valores de  $R^2$  e os coeficientes de concordância.

## 6 DISCUSSÃO

O tratamento cirúrgico da catarata congênita e do desenvolvimento visa prevenir o surgimento de ambliopia por obstrução do eixo visual em um olho em crescimento. O implante primário de LIO em pacientes pediátricos tornou-se uma prática comum por ser a melhor forma de tratar afacia em crianças, principalmente em países emergentes. No entanto, determinar o poder da LIO nestes casos é um grande desafio e surpresas refracionais no pós-operatório ainda são bastante frequentes<sup>26, 46</sup>.

Valores acurados e precisos de AL são essenciais no cálculo do poder da LIO, uma vez que pequenos erros de aferição podem resultar em grandes alterações na refração após a cirurgia de catarata. Erros reportados na aferição de AL ocasionam um cálculo impreciso do poder da LIO, que varia de 2,50 D a 3,75 D. Erros desta magnitude induzem miopia pós-operatória pela escolha de uma LIO de maior poder do que é realmente necessário<sup>15, 16, 26, 36, 39, 48</sup>. Por isso sua previsão é tão relevante.

Estudos anteriores estabeleceram uma relação linear entre AL e K durante a infância, com redução de K à medida que AL aumenta. No entanto, valores de K estabilizam antes comparando os de AL<sup>25</sup>.

O cálculo do poder da LIO em cirurgia de catarata pediátrica vai muito além de variáveis como AL e K. Também é necessário estimar o alvo refracional pós-operatório. Esta etapa requer outras variáveis que não podem ser controladas ou mensuradas. Algumas delas incluem a idade do paciente, o crescimento rápido do olho, a reatividade tecidual aumentada, a alteração da rigidez escleral, a refração do olho contralateral e o uso complementar de óculos pela criança<sup>7, 39</sup>.

Aprimorar a biometria e o cálculo da LIO a ser implantada em um olho em desenvolvimento visa minimizar erros refrativos na idade adulta. Um alvo refrativo acurado permite melhor manejo e tratamento da ambliopia, potencializando a acuidade visual em olhos operados<sup>26, 39, 46</sup>.

Apesar de ser um possível erro adicional, o uso de equipamentos portáteis durante o intraoperatório representa as condições ideais para o cálculo do poder da LIO no tratamento de afacia em crianças com catarata congênita e do desenvolvimento. Estudos comparativos do uso de aparelhos convencionais, em pacientes colaborativos no consultório, e portáteis, em crianças sob anestesia geral em centro cirúrgico, demonstraram medidas válidas e intercambiáveis para a aferição de refratometria, biometria e K<sup>25, 32, 37-39, 46</sup>.

Neste estudo, a maior parte das aferições do AL foi realizada no centro cirúrgico utilizando-

se biômetro ultrassônico de imersão devido a pouca idade e falta de colaboração dos pacientes. Os dados pós-operatórios foram utilizados para calcular de forma indireta o crescimento do AL.

Transformando a idade em uma função logarítmica, é possível observar uma relação significativa com AL. O  $AL_0$  e seu crescimento desempenham um papel importante, não somente em relação à idade, mas também à miopização<sup>16, 21, 25, 36</sup>.

A calculadora utilizada por McClatchey não demonstrou bons resultados para prever a refração de crianças pseudofácicas menores de 2 anos<sup>49</sup>.

Para estimar a miopização, a maioria dos oftalmologistas pediátricos ajusta o cálculo da LIO com base na idade da criança. Uma alternativa a essa prática é prever o AL em idade adulta e utilizar este valor no cálculo da LIO<sup>25</sup>.

Diferente dos modelos anteriores, a vantagem do modelo proposto por Trivedi *et al.* e por Lottelli é utilizar o  $AL_0$  medido para estimar o AL futuro, e não apenas a idade. Esses autores mostraram que nem toda criança de 1 ano de idade, por exemplo, precisará de um residual refracional de +6,0 D. Este residual refracional depende do AL medido e poderá ser maior ou menor caso o objetivo seja atingir a emetropia na idade adulta<sup>21, 25</sup>. O modelo de GEE apresentado por Trivedi *et al.* foi proposto apenas para crianças acima de 2 anos de idade, no entanto, ele também se mostrou um bom modelo em crianças a partir de 4 semanas de vida.

O modelo GEE é uma extensão de regressão linear, no qual medidas repetidas são realizadas. É bastante útil em estudos oftalmológicos em que aferições de ambos os olhos do mesmo indivíduo estão fortemente correlacionadas<sup>25</sup>.

Os modelos logarítmicos, da forma como foram criados, isto é, considerando o crescimento individual de cada olho, e os modelos GEEs se mostraram ótimos preditores para estimar AL a partir da idade<sub>0</sub> e do  $AL_0$  medido no momento da cirurgia em todos os olhos e em olhos com catarata bilateral. Para os olhos com catarata unilateral, o desempenho do modelo logarítmico foi expressivamente inferior ao modelo GEE.

As melhores previsões foram obtidas em olhos com catarata bilateral, uma vez que a amostra era mais homogênea. Apesar da exclusão de olhos com anormalidades como diâmetro corneano menor que 9,0 mm e PVF, olhos com catarata unilateral geralmente são menores quando comparados ao olho contralateral e estão mais propensos a desenvolver ambliopia, fator que promove o aumento anômalo do AL<sup>5</sup>. Portanto, é considerada uma amostra mais heterogênea.

Ao analisar todos os olhos juntos, os olhos com catarata unilateral se diluem, pois



correspondem a aproximadamente um terço da amostra total. Isso melhora a previsão em relação aos olhos com catarata unilateral, contudo piora em relação aos com catarata bilateral.

A correção da idade proposta por McClatchey em seu modelo baseado em mudanças refracionais para corrigir o efeito assintótico do crescimento de AL, e utilizada posteriormente por Lottelli, não mostrou ser vantajosa. Em realidade, utilizando a metodologia proposta neste estudo, ela piorou a previsão de AL no modelo logarítmico e praticamente não demonstrou nenhuma influência no modelo GEE.

No desenvolvimento de modelos para previsão do crescimento de AL, a melhor estratégia é utilizar apenas os olhos com catarata bilateral porque são aqueles que vão apresentar crescimento mais próximo dentro da normalidade. Para estes olhos, o desempenho dos dois modelos foi bastante semelhante, devendo ser levado em consideração a simplicidade do modelo logarítmico.

Os modelos desenvolvidos neste estudo proporcionarão uma inovação tecnológica para as fórmulas já existentes. Sua atualização tornará o cálculo biométrico e, conseqüentemente, a escolha do poder da LIO mais precisos, melhorando a qualidade de visão da criança e ajudando os pais e responsáveis legais a entender o que esperar de resultado<sup>7, 25</sup>. Mais estudos são necessários para comparar estatisticamente o modelo proposto neste estudo com modelos prévios.

## **7 CONCLUSÃO**

Tanto o modelo logarítmico quanto o GEE obtiveram desempenhos semelhantes na predição de AL futuro para todos os olhos e para olhos com catarata bilateral.

Para olhos com catarata unilateral, o modelo GEE apresentou melhores resultados.

A correção da idade não melhorou a previsão dos modelos.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gilbert C, Foster A. Childhood blindness in the context of VISION 2020--the right to sight. *Bull World Health Organ.* 2001;79(3):227-32. Epub 2003 Jul 7. PMID: 11285667; PMCID: PMC2566382.
2. Pandey SK, Wilson ME, Trivedi RH, Izak AM, Macky TA, Werner L, Apple DJ. Pediatric cataract surgery and intraocular lens implantation: current techniques, complications, and management. *Int Ophthalmol Clin.* 2001 Summer;41(3):175-96. doi: 10.1097/00004397-200107000-00013. PMID: 11481546.
3. Rodrigues AC, Prado RB, Miguel L. Implantação do exame do reflexo vermelho em crianças da região do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu--SP--Brasil [Implementation of red reflex exam in children in the area of Botucatu Medical School Clinical Hospital--São Paulo, Brazil]. *Arq Bras Oftalmol.* 2012 Oct;75(5):337-40. Portuguese. doi: 10.1590/s0004-27492012000500008. PMID: 23471328.
4. Sinskey RM, Karel F, Dal Ri E. Management of cataracts in children. *J Cataract Refract Surg.* 1989 Mar;15(2):196-200. doi: 10.1016/s0886-3350(89)80010-0. PMID: 2724121.
5. Hiles DA, Biglan AW. Indications for infantile cataract surgery. *Int Ophthalmol Clin.* 1977 Winter;17(4):39-45. PMID: 924736.
6. Ryan SJ, Blanton FM, von Noorden GK. Surgery of congenital cataract. *Am J Ophthalmol.* 1965 Oct;60(4):583-7. doi: 10.1016/0002-9394(65)92243-9. PMID: 5841565.
7. Jasman AA, Shaharuddin B, Noor RA, Ismail S, Ghani ZA, Embong Z. Prediction error and accuracy of intraocular lens power calculation in pediatric patient comparing SRK II and Pediatric IOL Calculator. *BMC Ophthalmol.* 2010 Aug 25;10:20. doi: 10.1186/1471-2415-10-20. PMID: 20738840; PMCID: PMC2936388.
8. Wilson ME Jr, Bartholomew LR, Trivedi RH. Pediatric cataract surgery and intraocular lens implantation: practice styles and preferences of the 2001 ASCRS and AAPOS memberships. *J Cataract Refract Surg.* 2003 Sep;29(9):1811-20. doi: 10.1016/s0886-3350(03)00220-7. PMID: 14522306.
9. Foster A, Gilbert C, Rahi J. Epidemiology of cataract in childhood: a global perspective. *J Cataract Refract Surg.* 1997;23 Suppl 1:601-4. doi: 10.1016/s0886-3350(97)80040-5. PMID: 9278811.

10. COSTENBADER FD, ALBERT DG. Conservatism in the management of congenital cataract. *AMA Arch Ophthalmol.* 1957 Sep;58(3):426-30. doi: 10.1001/archopht.1957.00940010438018. PMID: 13457536.
11. Serafino M, Trivedi RH, Levin AV, Wilson ME, Nucci P, Lambert SR, Nischal KK, Plager DA, Bremond-Gignac D, Kekunnaya R, Nishina S, Tehrani NN, Ventura MC. Use of the Delphi process in paediatric cataract management. *Br J Ophthalmol.* 2016 May;100(5):611-5. doi: 10.1136/bjophthalmol-2015-307287. Epub 2015 Sep 29. PMID: 26420824.
12. Dahan E, Drusedau MU. Choice of lens and dioptric power in pediatric pseudophakia. *J Cataract Refract Surg.* 1997;23 Suppl 1:618-23. doi: 10.1016/s0886-3350(97)80043-0. PMID: 9278814.
13. Peyman GA, Raichand M, Goldberg MF. Surgery of congenital and juvenile cataracts: a pars plicata approach with the vitrophage. *Br J Ophthalmol.* 1978 Nov;62(11):780-3. doi: 10.1136/bjo.62.11.780. PMID: 718818; PMCID: PMC1043351.
14. Plager DA, Lynn MJ, Buckley EG, Wilson ME, Lambert SR; Infant Aphakia Treatment Study Group. Complications in the first 5 years following cataract surgery in infants with and without intraocular lens implantation in the Infant Aphakia Treatment Study. *Am J Ophthalmol.* 2014 Nov;158(5):892-8. doi: 10.1016/j.ajo.2014.07.031. Epub 2014 Jul 29. PMID: 25077835; PMCID: PMC4547784.
15. Gordon RA, Donzis PB. Refractive development of the human eye. *Arch Ophthalmol.* 1985 Jun;103(6):785-9. doi: 10.1001/archopht.1985.01050060045020. PMID: 4004614.
16. Trivedi RH, Wilson ME. Keratometry in pediatric eyes with cataract. *Arch Ophthalmol.* 2008 Jan;126(1):38-42. doi: 10.1001/archophthalmol.2007.22. PMID: 18195216.
17. Machemer R, Parel JM, Buettner H. A new concept for vitreous surgery. I. Instrumentation. *Am J Ophthalmol.* 1972 Jan;73(1):1-7. doi: 10.1016/0002-9394(72)90295-4. PMID: 5007347.
18. SCHEIE HG. Aspiration of congenital or soft cataracts: a new technique. *Am J Ophthalmol.* 1960 Dec;50:1048-56. doi: 10.1016/0002-9394(60)90991-0. PMID: 13747412.
19. Bhardwaj V, Rajeshbhai GP. Axial length, anterior chamber depth-a study in different age groups and refractive errors. *J Clin Diagn Res.* 2013 Oct;7(10):2211-2. doi:

- 10.7860/JCDR/2013/7015.3473. Epub 2013 Oct 5. PMID: 24298478; PMCID: PMC3843406.
20. Norrby S. Sources of error in intraocular lens power calculation. *J Cataract Refract Surg.* 2008 Mar;34(3):368-76. doi: 10.1016/j.jcrs.2007.10.031. PMID: 18299059.
21. Lottelli AC. Predicting future axial length in patients with paediatric cataract and primary intraocular lens implantation. *Eur J Ophthalmol.* 2021 Jul;31(4):2095-2100. doi: 10.1177/1120672120948740. Epub 2020 Aug 5. PMID: 32757635.
22. Vasavada AR, Raj SM, Nihalani B. Rate of axial growth after congenital cataract surgery. *Am J Ophthalmol.* 2004 Dec;138(6):915-24. doi: 10.1016/j.ajo.2004.06.068. PMID: 15629281.
23. Capozzi P, Morini C, Piga S, Cuttini M, Vadalà P. Corneal curvature and axial length values in children with congenital/infantile cataract in the first 42 months of life. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2008 Nov;49(11):4774-8. doi: 10.1167/iovs.07-1564. Epub 2008 May 23. PMID: 18502997.
24. Holladay JT, Prager TC, Chandler TY, Musgrove KH, Lewis JW, Ruiz RS. A three-part system for refining intraocular lens power calculations. *J Cataract Refract Surg.* 1988 Jan;14(1):17-24. doi: 10.1016/s0886-3350(88)80059-2. PMID: 3339543.
25. Trivedi RH, Barnwell E, Wolf B, Wilson ME. A Model to Predict Postoperative Axial Length in Children Undergoing Bilateral Cataract Surgery With Primary Intraocular Lens Implantation. *Am J Ophthalmol.* 2019 Oct;206:228-234. doi: 10.1016/j.ajo.2019.04.018. Epub 2019 May 10. PMID: 31078538; PMCID: PMC7179734.
26. Trivedi RH, Wilson ME. Prediction error after pediatric cataract surgery with intraocular lens implantation: Contact versus immersion A-scan biometry. *J Cataract Refract Surg.* 2011 Mar;37(3):501-5. doi: 10.1016/j.jcrs.2010.09.023. PMID: 21333874.
27. Astbury N, Ramamurthy B. How to avoid mistakes in biometry. *Community Eye Health.* 2006 Dec;19(60):70-1. PMID: 17515971; PMCID: PMC1871684.
28. Mezer E, Rootman DS, Abdolell M, Levin AV. Early postoperative refractive outcomes of pediatric intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg.* 2004 Mar;30(3):603-10. doi: 10.1016/j.jcrs.2003.07.002. PMID: 15050256.

29. Németh J, Fekete O, Pesztenlehrer N. Optical and ultrasound measurement of axial length and anterior chamber depth for intraocular lens power calculation. *J Cataract Refract Surg.* 2003 Jan;29(1):85-8. doi: 10.1016/s0886-3350(02)01500-6. PMID: 12551672.
30. Hoffer KJ. Biometry of 7,500 cataractous eyes. *Am J Ophthalmol.* 1980 Sep;90(3):360-8. doi: 10.1016/s0002-9394(14)74917-7. PMID: 7425052.
31. Isenberg SJ, Del Signore M, Chen A, Wei J, Christenson PD. Corneal topography of neonates and infants. *Arch Ophthalmol.* 2004 Dec;122(12):1767-71. doi: 10.1001/archophth.122.12.1767. PMID: 15596578.
32. Lam AK. A hand-held keratometer. *Ophthalmic Physiol Opt.* 1995 May;15(3):227-30. doi: 10.1016/0275-5408(95)90575-m. PMID: 7659423.
33. Leyland M, Benjamin L. Clinical assessment of a hand-held automated keratometer in cataract surgery. *Eye (Lond).* 1997;11 ( Pt 6):854-7. doi: 10.1038/eye.1997.219. PMID: 9537145.
34. Lowe RF, Clark BA. Posterior corneal curvature. Correlations in normal eyes and in eyes involved with primary angle-closure glaucoma. *Br J Ophthalmol.* 1973 Jul;57(7):464-70. doi: 10.1136/bjo.57.7.464. PMID: 4725854; PMCID: PMC1214955.
35. Ehlers N, Sorensen T, Bramsen T, Poulsen EH. Central corneal thickness in newborns and children. *Acta Ophthalmol (Copenh).* 1976 Jul;54(3):285-90. doi: 10.1111/j.1755-3768.1976.tb01257.x. PMID: 988947.
36. Lam AK, Chan R, Chiu R. Effect of instrument rotation on handheld keratometry. *J Cataract Refract Surg.* 2004 Dec;30(12):2590-4. doi: 10.1016/j.jcrs.2004.04.069. PMID: 15617929.
37. Lam AK, Chan R, Chiu R. Effect of posture and artificial tears on corneal power measurements with a handheld automated keratometer. *J Cataract Refract Surg.* 2004 Mar;30(3):645-52. doi: 10.1016/S0886-3350(03)00554-6. PMID: 15050262.
38. Noonan CP, Rao GP, Kaye SB, Green JR, Chandna A. Validation of a handheld automated keratometer in adults. *J Cataract Refract Surg.* 1998 Mar;24(3):411-4. doi: 10.1016/s0886-3350(98)80333-7. PMID: 9559480.
39. Rogers DL, Whitehead GR, Stephens JA, Fellows RR, Bremer DL, McGregor ML, Golden RP, Cassady CB, Rogers GL. Corneal power measurements in fixating versus

- anesthetized nonfixating children using a handheld keratometer. *J AAPOS*. 2010 Feb;14(1):11-4. doi: 10.1016/j.jaapos.2009.11.008. PMID: 20227615.
40. Hoffer KJ, Savini G. IOL Power Calculation in Short and Long Eyes. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*. 2017 Jul-Aug;6(4):330-331. doi: 10.22608/APO.2017338. PMID: 28780778.
41. Olsen T, Corydon L, Gimbel H. Intraocular lens power calculation with an improved anterior chamber depth prediction algorithm. *J Cataract Refract Surg*. 1995 May;21(3):313-9. doi: 10.1016/s0886-3350(13)80140-x. PMID: 7674170.
42. Hoffer KJ. The Hoffer Q formula: a comparison of theoretic and regression formulas. *J Cataract Refract Surg*. 1993 Nov;19(6):700-12. doi: 10.1016/s0886-3350(13)80338-0. PMID: 8271165.
43. Sanders DR, Retzlaff J, Kraff MC. Comparison of the SRK II formula and other second generation formulas. *J Cataract Refract Surg*. 1988 Mar;14(2):136-41. doi: 10.1016/s0886-3350(88)80087-7. PMID: 3351749.
44. Sanders D, Retzlaff J, Kraff M, Kratz R, Gills J, Levine R, Colvard M, Weisel J, Loyd T. Comparison of the accuracy of the Binkhorst, Colenbrander, and SRK implant power prediction formulas. *J Am Intraocul Implant Soc*. 1981 Fall;7(4):337-40. doi: 10.1016/s0146-2776(81)80031-6. PMID: 7349649.
45. McClatchey SK, Parks MM. Theoretic refractive changes after lens implantation in childhood. *Ophthalmology*. 1997 Nov;104(11):1744-51. doi: 10.1016/s0161-6420(97)30032-3. PMID: 9373101.
46. Lottelli-Rodrigues AC. Crescimento Ocular de Crianças com Catarata Bilateral Submetidas à Facectomia com Implante Primário de Lente Intraocular. [tese livredocência]. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Medicina, Botucatu. 2016.
47. McClatchey SK, Hofmeister EM. The optics of aphakic and pseudophakic eyes in childhood. *Surv Ophthalmol*. 2010 Mar-Apr;55(2):174-82. doi: 10.1016/j.survophthal.2009.07.001. Epub 2009 Sep 27. PMID: 19786290.
48. Nihalani BR, VanderVeen DK. Comparison of intraocular lens power calculation formulae in pediatric eyes. *Ophthalmology*. 2010 Aug;117(8):1493-9. doi: 10.1016/j.ophtha.2009.12.031. Epub 2010 May 13. PMID: 20466430.

49. McClatchey SK. Intraocular lens calculator for childhood cataract. *J Cataract Refract Surg.* 1998 Aug;24(8):1125-9. doi: 10.1016/s0886-3350(98)80108-9. PMID: 9719974.
50. Apple DJ, Sims J. Harold Ridley and the invention of the intraocular lens. *Surv Ophthalmol.* 1996 Jan-Feb;40(4):279-92. doi: 10.1016/s0039-6257(96)82003-0. PMID: 8658339.
51. Basti S, Greenwald MJ. Principles and paradigms of pediatric cataract management. *Indian J Ophthalmol.* 1995 Dec;43(4):159-76. PMID: 8655194.
52. Brown NP, Koretz JF, Bron AJ. The development and maintenance of emmetropia. *Eye (Lond).* 1999;13 ( Pt 1):83-92. doi: 10.1038/eye.1999.16. PMID: 10396390.
53. Diário Oficial do Estado de São Paulo. No 40–DOE-03/03/16–seção 1–p.42. Disponível em: [ftp://ftp.saude.sp.gov.br/ftpsessp/bibliote/informe\\_eletronico/2016/iels.mar.16/Iels40/E\\_R-SS-19\\_010316.pdf](ftp://ftp.saude.sp.gov.br/ftpsessp/bibliote/informe_eletronico/2016/iels.mar.16/Iels40/E_R-SS-19_010316.pdf)
54. Kekunnaya R, Gupta A, Sachdeva V, Rao HL, Vaddavalli PK, Om Prakash V. Accuracy of intraocular lens power calculation formulae in children less than two years. *Am J Ophthalmol.* 2012 Jul;154(1):13-19.e2. doi: 10.1016/j.ajo.2011.11.031. Epub 2012 Feb 14. PMID: 22336039.
55. Medsinghe A, Nischal KK. Pediatric cataract: challenges and future directions. *Clin Ophthalmol.* 2015 Jan 7;9:77-90. doi: 10.2147/OPTH.S59009. PMID: 25609909; PMCID: PMC4293928.
56. Shea CJ, Westfall KC, MacKenzie T, Bateman JB. Comparison of measured astigmatic retinoscopies from different lid specula. *J AAPOS.* 2001 Dec;5(6):357-60. doi: 10.1067/mpa.2001.119244. PMID: 11753255.
57. Wilson ME, Pandey SK, Thakur J. Paediatric cataract blindness in the developing world: surgical techniques and intraocular lenses in the new millennium. *Br J Ophthalmol.* 2003 Jan;87(1):14-9. doi: 10.1136/bjo.87.1.14. PMID: 12488254; PMCID: PMC1771478.

\* Normas utilizadas para confecção das referências bibliográficas: ABNT 6023 / 2018



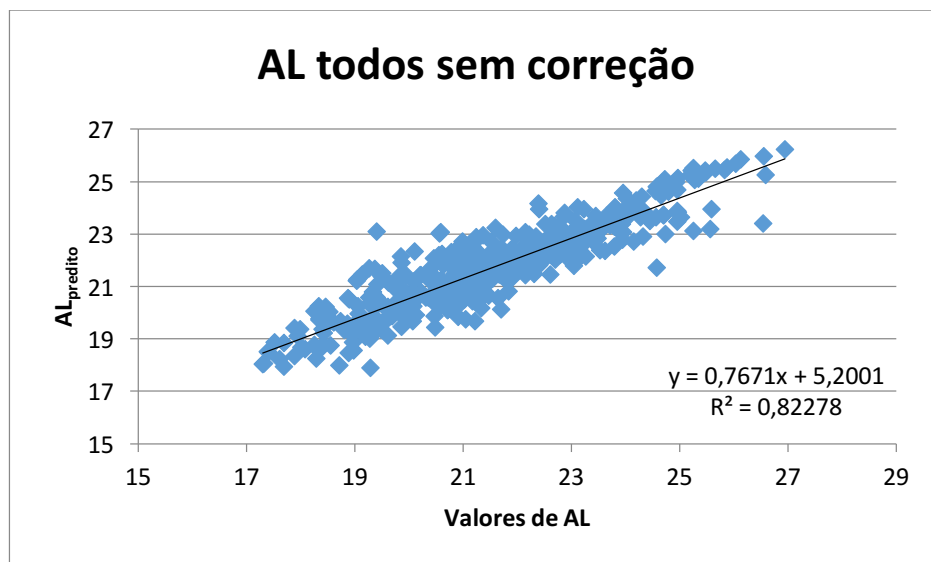
## 9 APÊNDICE

### 9.1 MODELO LOGARÍTMICO

#### Modelo Logarítmico 1

##### A) Todos os olhos

Pearson Correlation Coefficients, N = 542		
Prob >  r  under H0: Rho = 0		
	AL <sub>medido</sub>	AL <sub>predito</sub>
AL <sub>medido</sub>	1.00000	0.90707
		<.0001
AL <sub>predito</sub>	0.90707	1.00000
	<.0001	



## AGREEMENT: BLAND-ALTMAN METHOD

## Bland-Altman: Descriptive Statistics (listwise)

```
-----
Variable   Valid  Miss  Obs     Mean  Std. Dev.  [95% Conf. Interval]
Y: AL1     542    0    542   21.62696  1.815084   21.47381  21.78011
X: alpred  542    0    542   21.78915  1.534907   21.65964  21.91866
-----
```

Valid number of cases (listwise): 542

## Bland-Altman: Absolute values of Bias &amp; Limits of Agreement (LoA)

```
-----
Parameter           Estimate  Std. Dev.  Std. Err.  [95% Conf. Interval]
Diff. (Y-X): Bias  -.1621939  .7722062   .0331691   -.2273499  -.0970379
Lower LoA          -1.67569                .0574506   -1.788544  -1.562837
Upper LoA           1.351302                .0574506    1.238449   1.464156
-----
```

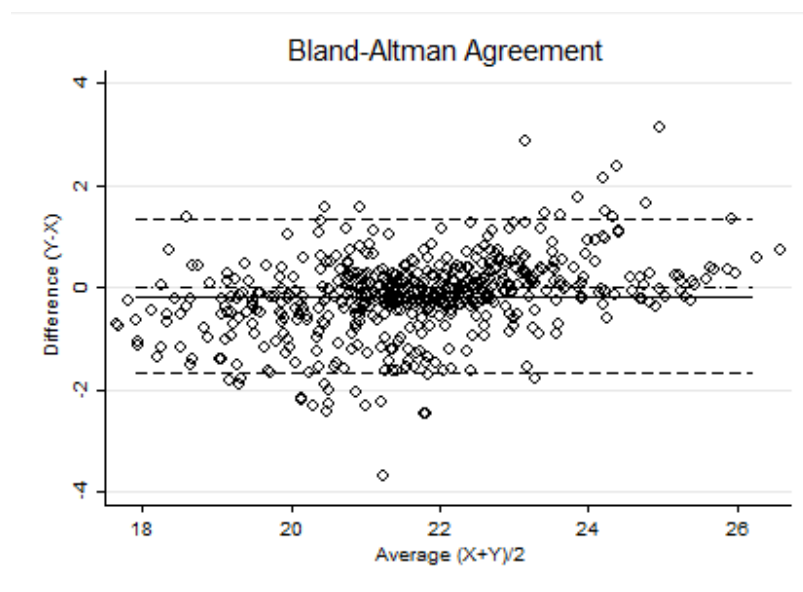
Cases over limit = 13 (2.40%)

Cases under limit = 18 (3.32%)

Spearman correlation between (Y-X) and (X+Y)/2:  $r = 0.3943$  ( $p = 0.0000$ )

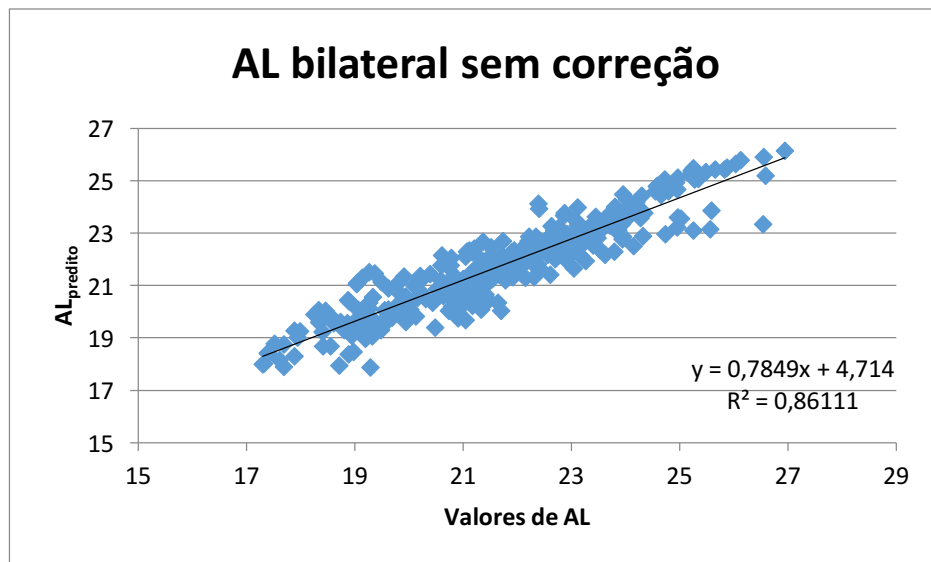
Lin's Concordance Correlation coeff. of Absolute Agreement = 0.8903

```
-----
```



**B) Catarata bilateral**

Pearson Correlation Coefficients, N = 401		
Prob >  r  under H0: Rho = 0		
	AL <sub>medido</sub>	AL <sub>predito</sub>
AL <sub>medido</sub>	1.00000	0.92787
		<.0001
AL <sub>predito</sub>	0.92787	1.00000
	<.0001	



AGREEMENT: BLAND-ALTMAN METHOD

Bland-Altman: Descriptive Statistics (listwise)

```
-----
Variable   Valid  Miss  Obs    Mean  Std. Dev.  [95% Conf. Interval]
Y: AL1     401    0    401   21.80561  1.879403   21.6211  21.99012
X: alpred  401    0    401   21.83022  1.589866   21.67414  21.9863
-----
```

Valid number of cases (listwise): 401

## Bland-Altman: Absolute values of Bias &amp; Limits of Agreement (LoA)

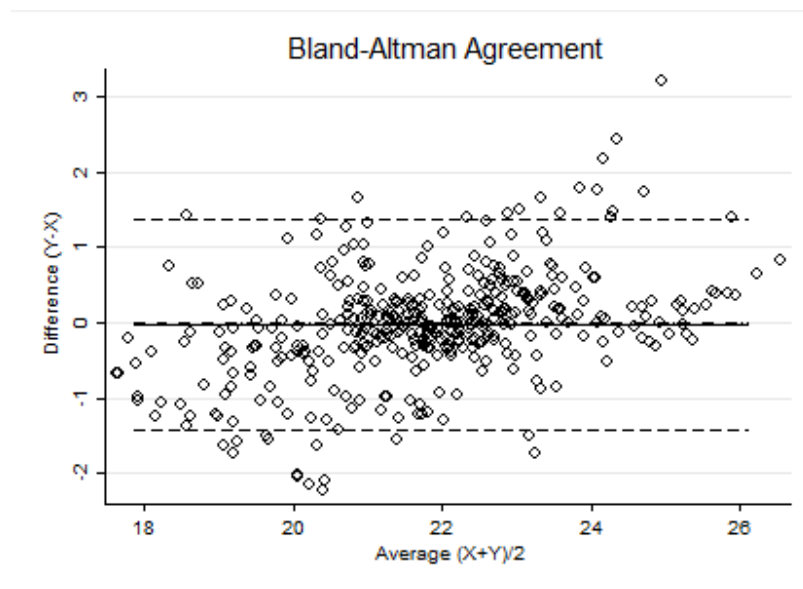
Parameter	Estimate	Std. Dev.	Std. Err.	[95% Conf. Interval]
Diff. (Y-X): Bias	-.0246092	.717544	.0358324	-.0950527 .0458342
Lower LoA	-1.43097		.0620636	-1.552981 -1.308958
Upper LoA	1.381751		.0620636	1.25974 1.503763

Cases over limit = 16 (3.99%)

Cases under limit = 14 (3.49%)

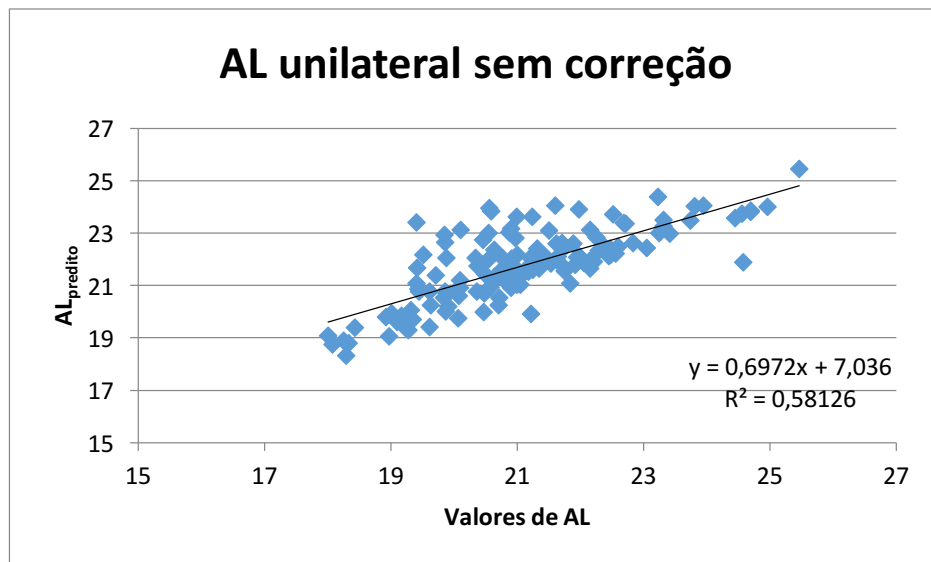
Spearman correlation between (Y-X) and (X+Y)/2:  $r = 0.4154$  ( $p = 0.0000$ )

Lin's Concordance Correlation coeff. of Absolute Agreement = 0.9149



### C) Catarata unilateral

Pearson Correlation Coefficients, N = 141		
Prob >  r  under H0: Rho = 0		
	AL <sub>medido</sub>	AL <sub>predito</sub>
AL <sub>medido</sub>	1.00000	0.76241
		<.0001
AL <sub>predito</sub>	0.76241	1.00000
	<.0001	



AGREEMENT: BLAND-ALTMAN METHOD

Bland-Altman: Descriptive Statistics (listwise)

```
-----
Variable   Valid  Miss  Obs    Mean  Std. Dev.  [95% Conf. Interval]
Y: AL1     141    0    141   21.11887  1.512518   20.86703  21.3707
X: alpred  141    0    141   21.76059  1.383209   21.53029  21.99089
-----
```

Valid number of cases (listwise): 141

Bland-Altman: Absolute values of Bias & Limits of Agreement (LoA)

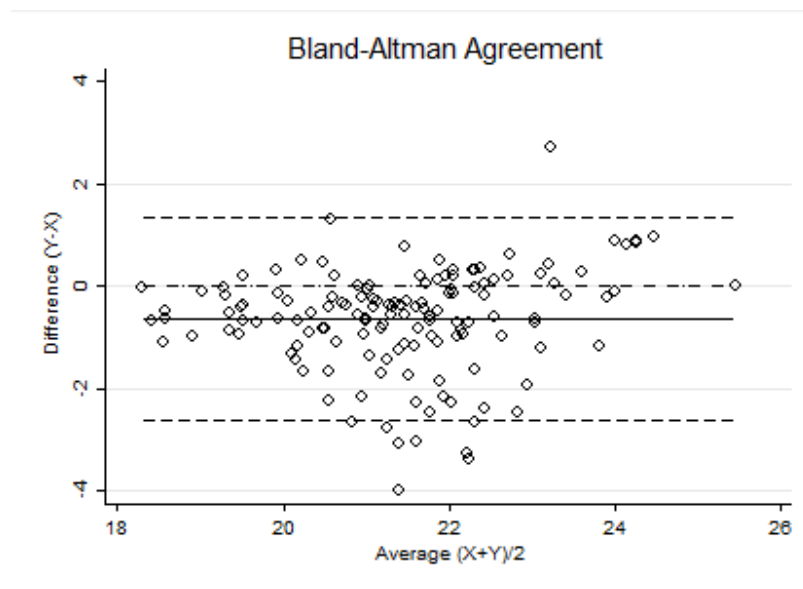
Parameter	Estimate	Std. Dev.	Std. Err.	[95% Conf. Interval]	
Diff. (Y-X): Bias	-.6417234	1.005422	.0846718	-.809124	-.4743228
Lower LoA	-2.612313		.1466558	-2.90226	-2.322367
Upper LoA	1.328867		.1466558	1.03892	1.618813

Cases over limit = 1 (0.71%)

Cases under limit = 8 (5.67%)

Spearman correlation between (Y-X) and (X+Y)/2:  $r = 0.1751$  ( $p = 0.0378$ )

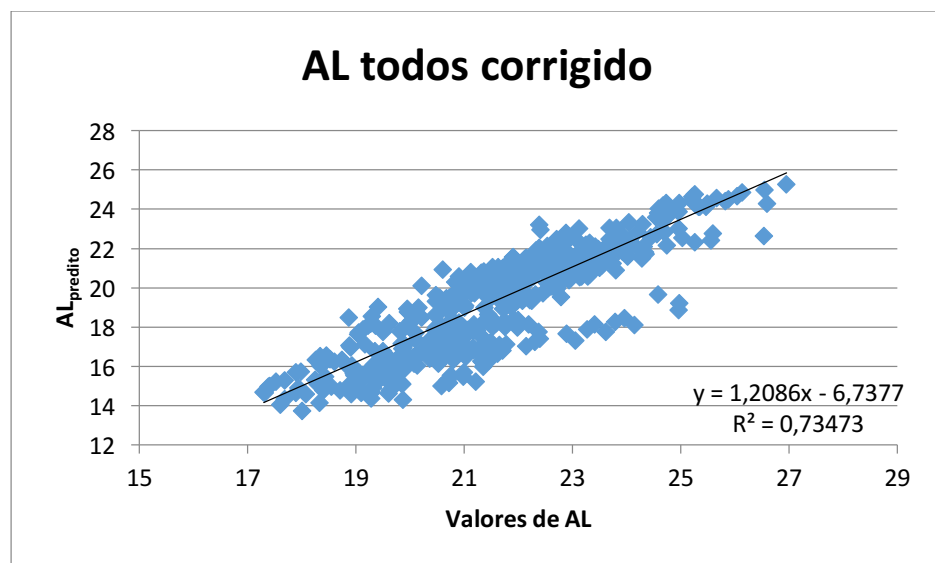
Lin's Concordance Correlation coeff. of Absolute Agreement = 0.6916



## Modelo Logarítmico 2

### A) Todos os olhos

Pearson Correlation Coefficients, N = 542		
Prob >  r  under H0: Rho = 0		
	AL <sub>medido</sub>	AL <sub>predito</sub>
AL <sub>medido</sub>	1.00000	0.85717
		<.0001
AL <sub>predito</sub>	0.85717	1.00000
	<.0001	



AGREEMENT: BLAND-ALTMAN METHOD

Bland-Altman: Descriptive Statistics (listwise)

```

-----
Variable   Valid  Miss  Obs    Mean  Std. Dev.  [95% Conf. Interval]
Y: AL1    542    0     542   21.62696  1.815084   21.47381  21.78011
X: alpred 542    0     542   19.39987  2.559183   19.18394  19.61581
-----

```

Valid number of cases (listwise): 542

Bland-Altman: Absolute values of Bias & Limits of Agreement (LoA)

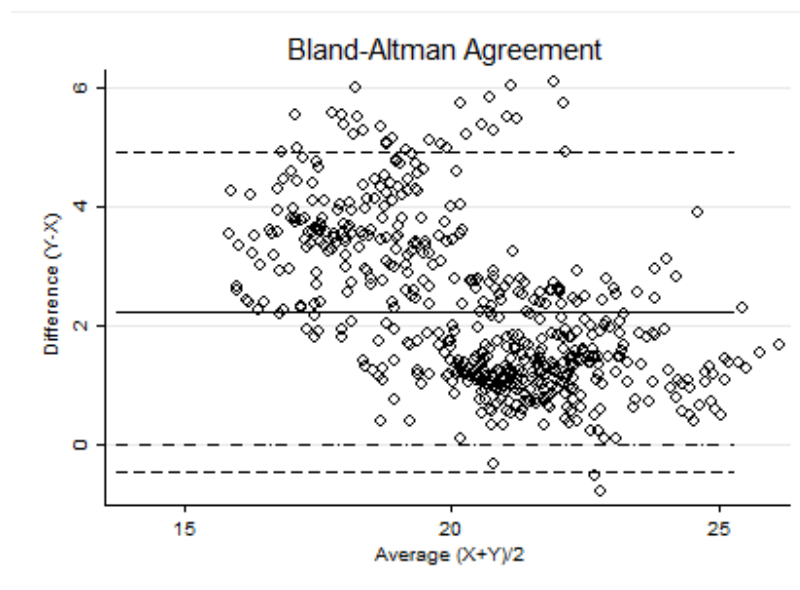
Parameter	Estimate	Std. Dev.	Std. Err.	[95% Conf. Interval]	
Diff. (Y-X): Bias	2.227084	1.371366	.0589052	2.111373	2.342795
Lower LoA	-.4607438		.1020268	-.6611611	-.2603265
Upper LoA	4.914912		.1020268	4.714495	5.11533

Cases over limit = 27 (4.98%)

Cases under limit = 2 (0.37%)

Spearman correlation between (Y-X) and (X+Y)/2:  $r = -0.5774$  ( $p = 0.0000$ )

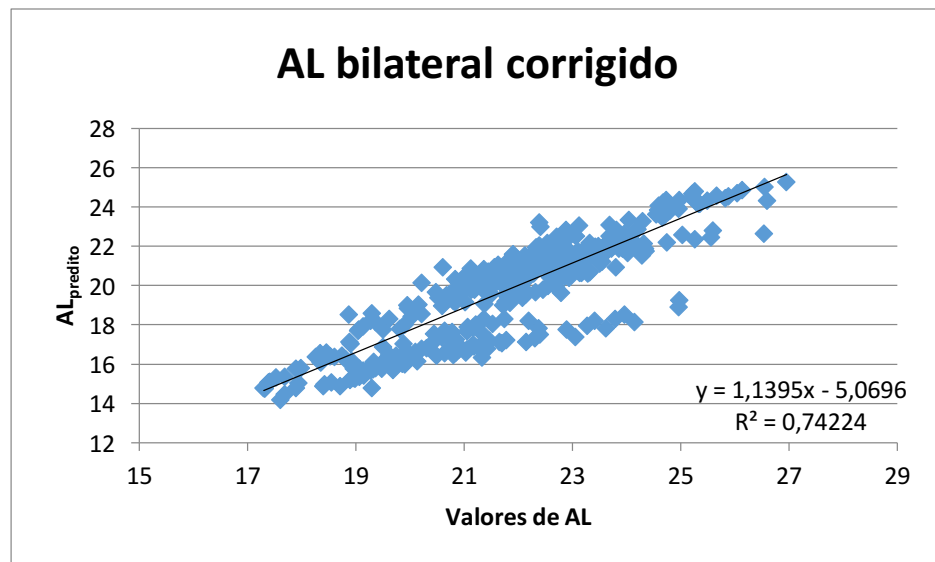
Lin's Concordance Correlation coeff. of Absolute Agreement = 0.5379





## B) Catarata bilateral

Pearson Correlation Coefficients, N = 401		
Prob >  r  under H0: Rho = 0		
	AL <sub>medido</sub>	AL <sub>predito</sub>
AL <sub>medido</sub>	1.00000	0.86153
AL <sub>predito</sub>	0.86153	1.00000
	<.0001	<.0001



AGREEMENT: BLAND-ALTMAN METHOD

Bland-Altman: Descriptive Statistics (listwise)

```
-----
Variable   Valid  Miss  Obs     Mean  Std. Dev.  [95% Conf. Interval]
Y: AL1     401    0    401   21.80561  1.879403   21.6211  21.99012
X: alpred  401    0    401   19.77883  2.485862   19.53478  20.02287
-----
```

Valid number of cases (listwise): 401

Bland-Altman: Absolute values of Bias & Limits of Agreement (LoA)

```

-----
Parameter          Estimate Std. Dev.  Std. Err.  [95% Conf. Interval]
Diff. (Y-X):  Bias  2.026784  1.289028   .064371   1.900236  2.153332
Lower LoA  -.4996646          .1114938  -.7188517  -.2804775
Upper LoA   4.553233          .1114938   4.334046   4.77242
-----

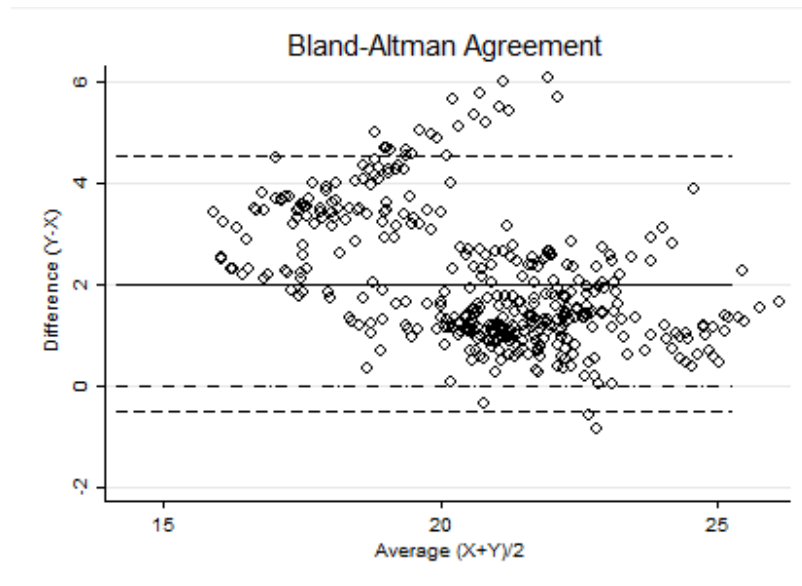
```

Cases over limit = 20 (4.99%)

Cases under limit = 2 (0.50%)

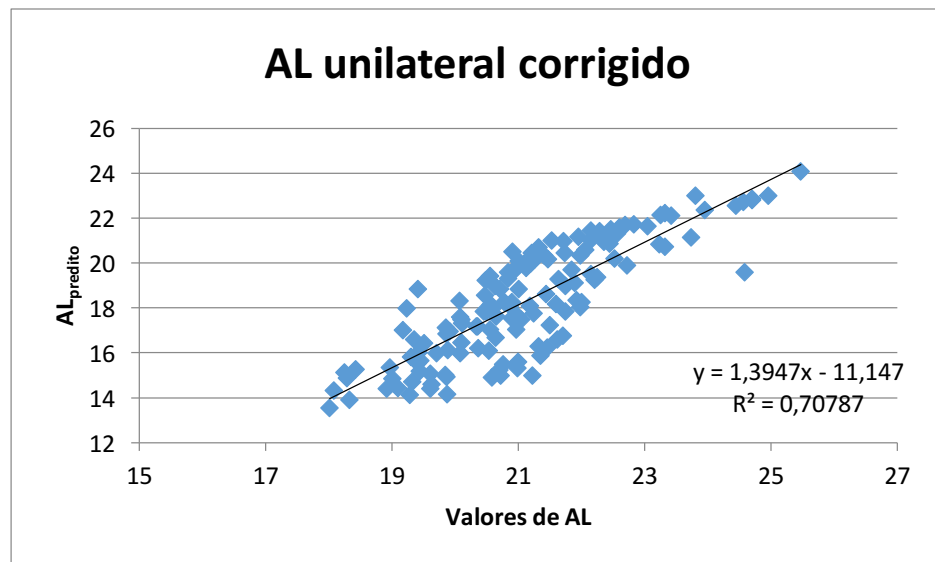
Spearman correlation between (Y-X) and (X+Y)/2:  $r = -0.4926$  ( $p = 0.0000$ )

Lin's Concordance Correlation coeff. of Absolute Agreement = 0.5825



### C) Catarata unilateral

Pearson Correlation Coefficients, N = 141		
Prob >  r  under H0: Rho = 0		
	AL <sub>medido</sub>	AL <sub>predito</sub>
AL <sub>medido</sub>	1.00000	0.84135
AL <sub>predito</sub>	0.84135	1.00000
	<.0001	<.0001



AGREEMENT: BLAND-ALTMAN METHOD

Bland-Altman: Descriptive Statistics (listwise)

```
-----
Variable   Valid  Miss  Obs    Mean  Std. Dev.  [95% Conf. Interval]
Y: AL1     141    0    141   21.11887  1.512518   20.86703  21.3707
X: alpred  141    0    141   18.30758  2.507276   17.89012  18.72503
-----
```

Valid number of cases (listwise): 141

Bland-Altman: Absolute values of Bias & Limits of Agreement (LoA)

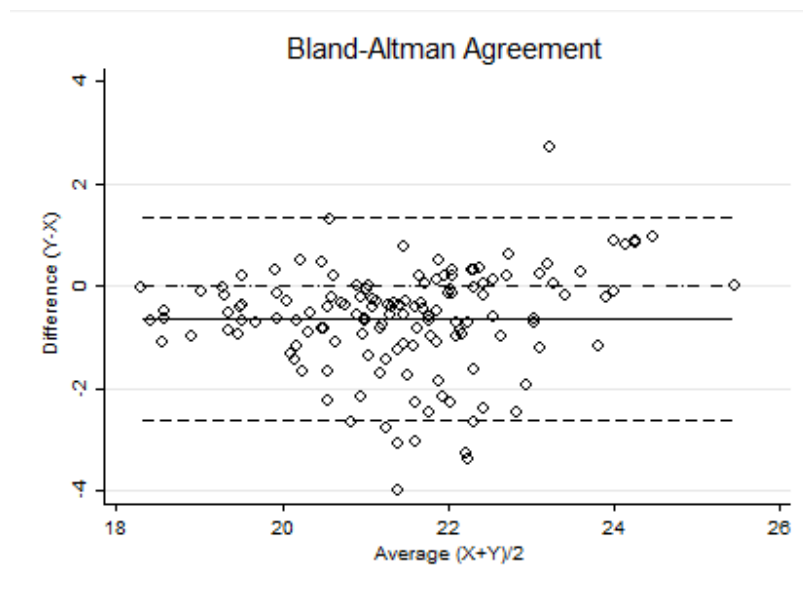
Parameter	Estimate	Std. Dev.	Std. Err.	[95% Conf. Interval]	
Diff. (Y-X): Bias	2.811288	1.480823	.1247078	2.564734	3.057842
Lower LoA	-.0910722		.2160003	-.5181163	.3359719
Upper LoA	5.713648		.2160003	5.286604	6.140692

Cases over limit = 3 (2.13%)

Cases under limit = 0 (0.00%)

Spearman correlation between (Y-X) and (X+Y)/2:  $r = -0.7407$  ( $p = 0.0000$ )

Lin's Concordance Correlation coeff. of Absolute Agreement = 0.3873



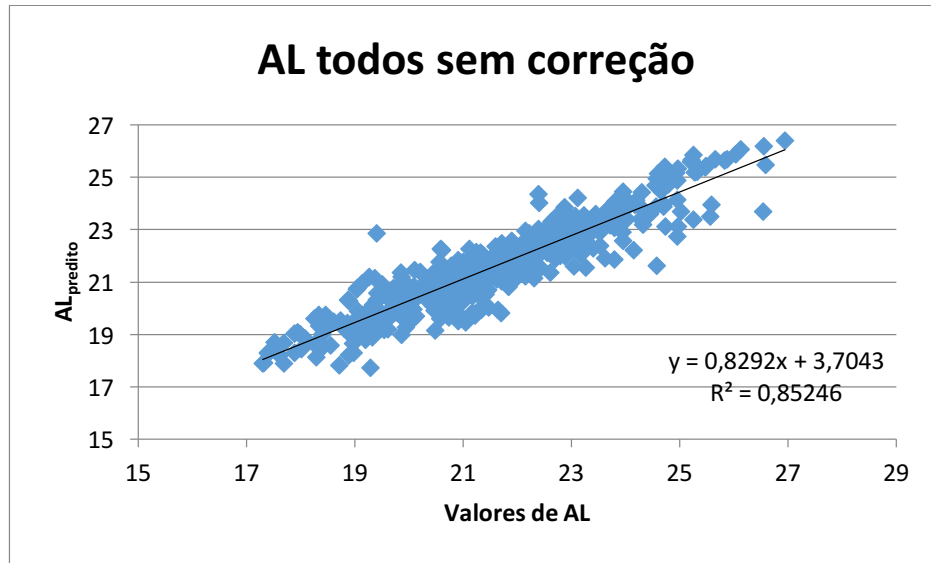
## 9.2 MODELO DE EQUACAO GERAL DE ESTIMAÇÃO

### Modelo GEE 1

#### A) Todos os olhos

Solution for Fixed Effects					
Effect	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr >  t
<b>Intercept</b>	-0.3439	1.0278	135	-0.33	0.7385
<b>AL<sub>0</sub></b>	1.0175	0.04617	135	22.04	<.0001
<b>Idade</b>	2.4612	0.2188	390	11.25	<.0001
<b>follow up</b>					
<b>Idade<sub>0</sub></b>	-2.7736	0.2660	135	-10.43	<.0001
<b>Idade<sub>0</sub>*Idade</b>	0.5883	0.1670	390	3.52	0.0005
<b>follow up</b>					

Pearson Correlation Coefficients, N = 542		
Prob >  r  under H0: Rho = 0		
	AL <sub>medido</sub>	AL <sub>predito</sub>
<b>AL<sub>medido</sub></b>	1.00000	0.92329
		<.0001
<b>AL<sub>predito</sub></b>	0.92329	1.00000
	<.0001	



AGREEMENT: BLAND-ALTMAN METHOD

Bland-Altman: Descriptive Statistics (listwise)

```
-----
Variable      Valid  Miss   Obs      Mean  Std. Dev. [95% Conf. Interval]
Y: AL1        542    0     542    21.62696  1.815084  21.47381  21.78011
X: Pred       542    0     542    21.63747  1.630131  21.49992  21.77501
-----
```

Valid number of cases (listwise): 542

Bland-Altman: Absolute values of Bias & Limits of Agreement (LoA)

```
-----
Parameter          Estimate  Std. Dev.  Std. Err.  [95% Conf. Interval]
Diff. (Y-X): Bias  -.0105103  .698693    .0300114   -.0694635  .0484429
                  Lower LoA -1.379923  .0519813   -1.482033 -1.277813
                  Upper LoA  1.358903  .0519813   1.256793  1.461013
-----
```

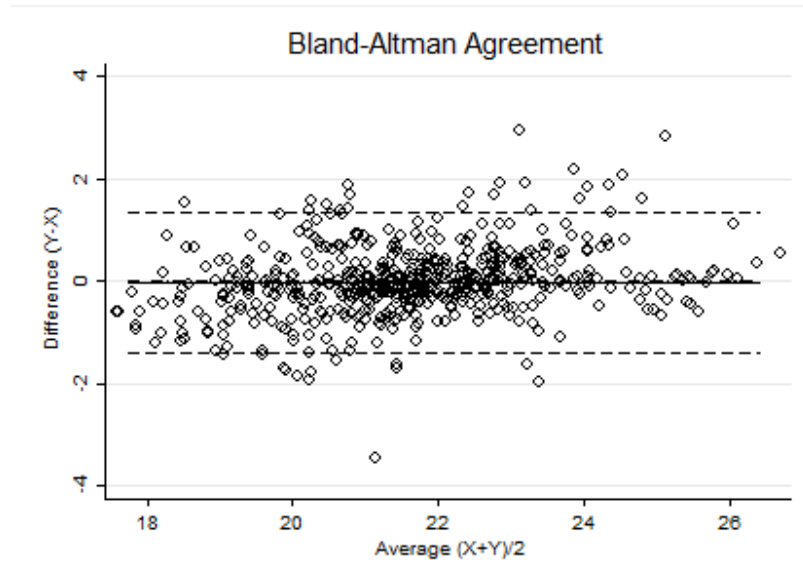
Cases over limit = 22 (4.06%)

Cases under limit = 14 (2.58%)

Spearman correlation between (Y-X) and (X+Y)/2: r= 0.2797 (p= 0.0000)

Lin's Concordance Correlation coeff. of Absolute Agreement = 0.9180

-----



### B) Catarata bilateral

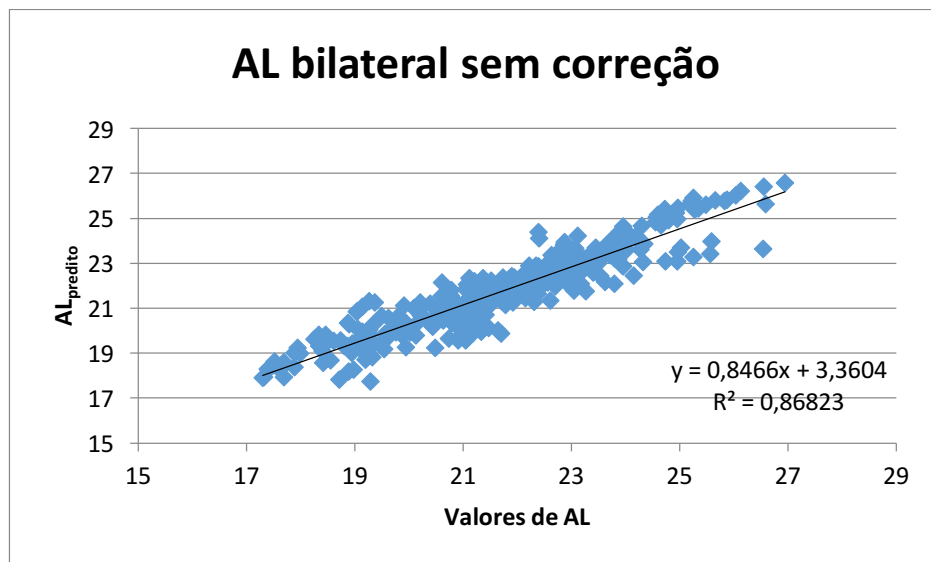
Solution for Fixed Effects					
Effect	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr >  t
<b>Intercept</b>	-1.8862	1.1372	94	-1.66	0.1005
<b>AL<sub>0</sub></b>	1.0900	0.05156	94	21.14	<.0001
<b>Idade</b>	2.6461	0.2379	290	11.12	<.0001
<b>follow up</b>					
<b>Idade<sub>0</sub></b>	-3.1724	0.3250	94	-9.76	<.0001
<b>Idade<sub>0</sub>*Idade</b>	0.5183	0.2027	290	2.56	0.0111
<b>follow up</b>					

---

**Pearson Correlation Coefficients, N = 401**
**Prob > |r| under H0: Rho = 0**

	AL <sub>medido</sub>	AL <sub>predito</sub>
AL <sub>medido</sub>	1.00000	0.92329 <.0001
AL <sub>predito</sub>	0.92329 <.0001	1.00000

---



AGREEMENT: BLAND-ALTMAN METHOD

Bland-Altman: Descriptive Statistics (listwise)

```

-----
Variable   Valid  Miss  Obs    Mean  Std. Dev. [95% Conf. Interval]
Y: AL1     401    0    401   21.80561  1.879403   21.6211  21.99012
X: Pred    401    0    401   21.82084  1.707559   21.6532  21.98847
-----

```

Valid number of cases (listwise): 401



Bland-Altman: Absolute values of Bias & Limits of Agreement (LoA)

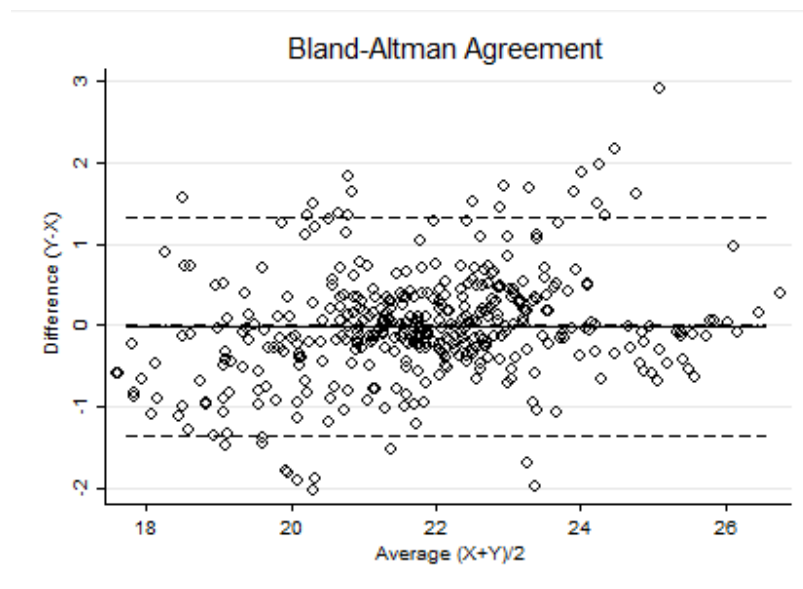
Parameter	Estimate	Std. Dev.	Std. Err.	[95% Conf. Interval]	
Diff. (Y-X): Bias	-.0152259	.6836132	.034138	-.0823383	.0518864
Lower LoA	-1.355083		.0591288	-1.471325	-1.238841
Upper LoA	1.324631		.0591288	1.208389	1.440873

Cases over limit = 19 (4.74%)

Cases under limit = 12 (2.99%)

Spearman correlation between (Y-X) and (X+Y)/2:  $r = 0.2423$  ( $p = 0.0000$ )

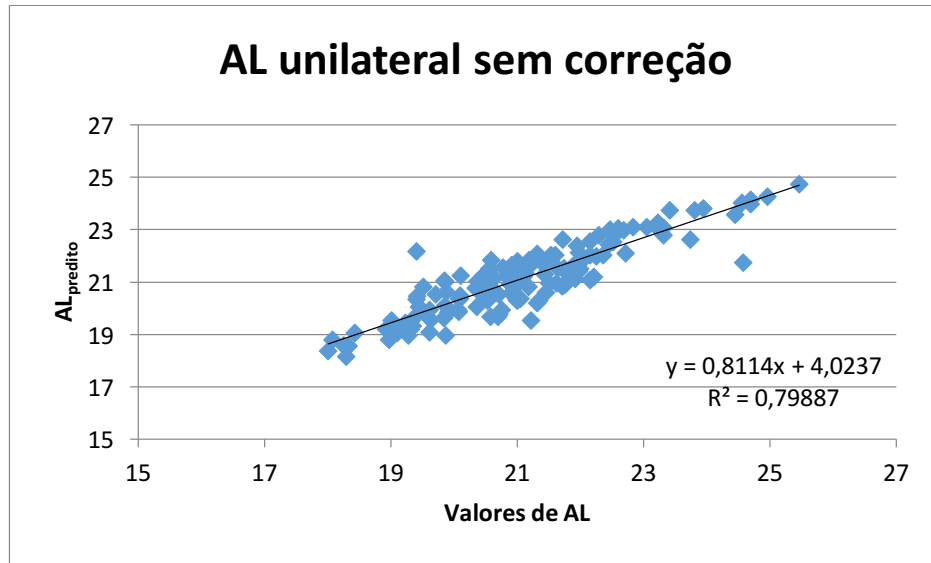
Lin's Concordance Correlation coeff. of Absolute Agreement = 0.9275



**C) Catarata unilateral**

<b>Solution for Fixed Effects</b>					
<b>Effect</b>	<b>Estimate</b>	<b>Standard Error</b>	<b>DF</b>	<b>t Value</b>	<b>Pr &gt;  t </b>
<b>Intercept</b>	2.8164	2.0978	38	1.34	0.1874
<b>AL<sub>0</sub></b>	0.8722	0.09573	38	9.11	<.0001
<b>Idade</b>	2.2395	0.5459	88	4.10	<.0001
<b>follow up</b>					
<b>Idade<sub>0</sub></b>	-2.2352	0.5395	38	-4.14	0.0002
<b>Idade<sub>0</sub>*Idade</b>	0.8570	0.3839	88	2.23	0.0281
<b>follow up</b>					

<b>Pearson Correlation Coefficients, N = 141</b>		
<b>Prob &gt;  r  under H0: Rho = 0</b>		
	AL <sub>medido</sub>	AL <sub>predito</sub>
<b>AL<sub>medido</sub></b>	1.00000	0.89380
		<.0001
<b>AL<sub>predito</sub></b>	0.89380	1.00000
	<.0001	



AGREEMENT: BLAND-ALTMAN METHOD

Bland-Altman: Descriptive Statistics (listwise)

```
-----
Variable   Valid  Miss   Obs     Mean  Std. Dev. [95% Conf. Interval]
Y: AL1     141    0     141    21.11887  1.512518  20.86703  21.3707
X: Pred    141    0     141    21.1594  1.37307  20.93079  21.38802
-----
```

Valid number of cases (listwise): 141

Bland-Altman: Absolute values of Bias & Limits of Agreement (LoA)

```
-----
Parameter           Estimate  Std. Dev.  Std. Err.  [95% Conf. Interval]
Diff. (Y-X): Bias   -.040539   .6786514   .0571528   -.1535331  .0724551
                  Lower LoA  -1.370671                .0989915   -1.566383  -1.17496
                  Upper LoA   1.289593                .0989915    1.093882  1.485305
-----
```

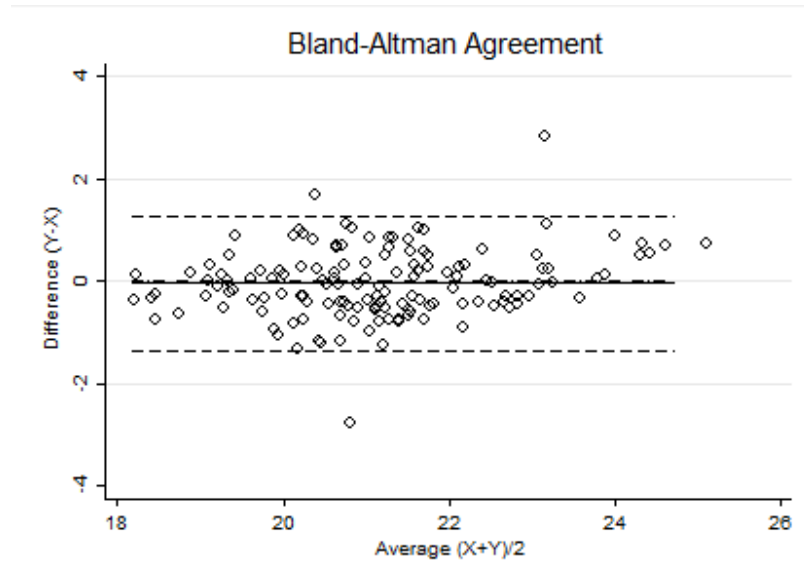
Cases over limit = 2 (1.42%)

Cases under limit = 1 (0.71%)

Spearman correlation between (Y-X) and (X+Y)/2: r= 0.1561 (p= 0.0645)

Lin's Concordance Correlation coeff. of Absolute Agreement = 0.8893

-----



### Modelo GEE 2

#### A) Todos os olhos

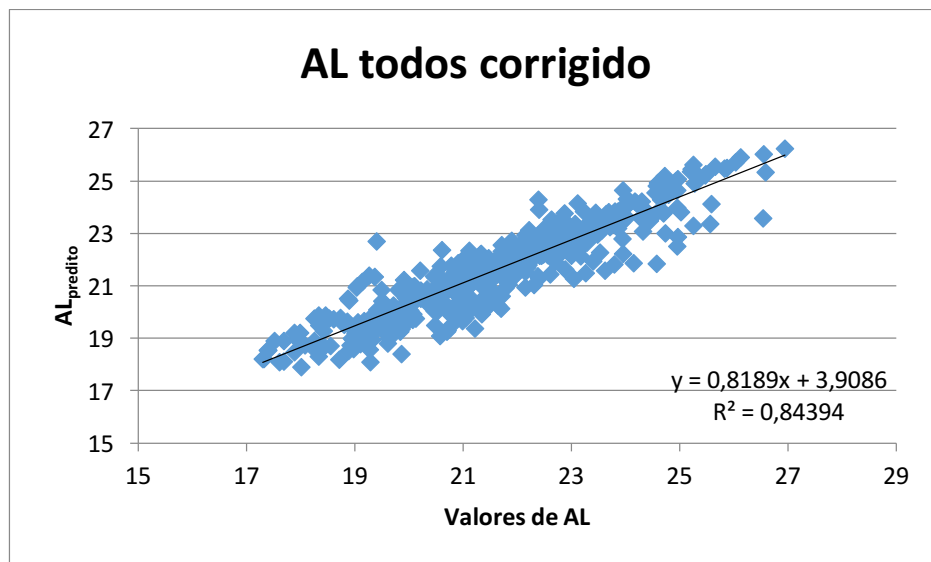
Solution for Fixed Effects					
Effect	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr >  t
<b>Intercept</b>	0.7248	0.9784	135	0.74	0.4601
<b>AL<sub>0</sub></b>	0.9742	0.04591	135	21.22	<.0001
<b>Idade</b>	3.1657	0.2518	390	12.57	<.0001
<b>follow up</b>					
<b>Idade<sub>0</sub></b>	-4.7842	0.5499	135	-8.70	<.0001
<b>Idade<sub>0</sub>*Idade</b>	1.1143	0.3682	390	3.03	0.0026
<b>follow up</b>					

---

**Pearson Correlation Coefficients, N = 542**
**Prob > |r| under H0: Rho = 0**

	AL <sub>medido</sub>	AL <sub>predito</sub>
AL <sub>medido</sub>	1.00000	0.91866 <.0001
AL <sub>predito</sub>	0.91866 <.0001	1.00000

---



AGREEMENT: BLAND-ALTMAN METHOD

Bland-Altman: Descriptive Statistics (listwise)

```

-----
Variable   Valid  Miss  Obs    Mean  Std. Dev.  [95% Conf. Interval]
Y: AL1     542    0    542   21.62696  1.815084   21.47381  21.78011
X: Pred    542    0    542   21.61797  1.617895   21.48146  21.75448
-----

```

Valid number of cases (listwise): 542

Bland-Altman: Absolute values of Bias & Limits of Agreement (LoA)

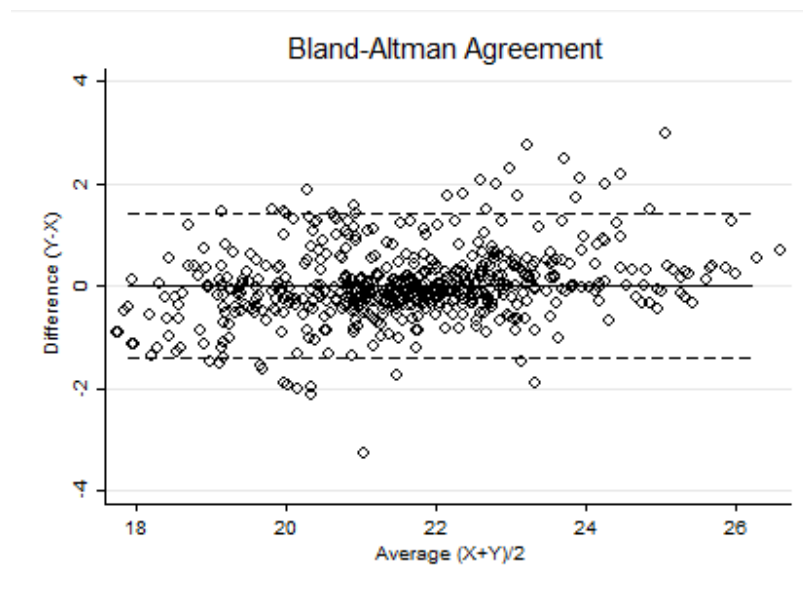
Parameter	Estimate	Std. Dev.	Std. Err.	[95% Conf. Interval]	
Diff. (Y-X): Bias	.0089834	.7187583	.0308733	-.0516629	.0696297
Lower LoA	-1.399757		.0534741	-1.504799	-1.294715
Upper LoA	1.417724		.0534741	1.312681	1.522766

Cases over limit = 22 (4.06%)

Cases under limit = 14 (2.58%)

Spearman correlation between (Y-X) and (X+Y)/2:  $r = 0.2794$  ( $p = 0.0000$ )

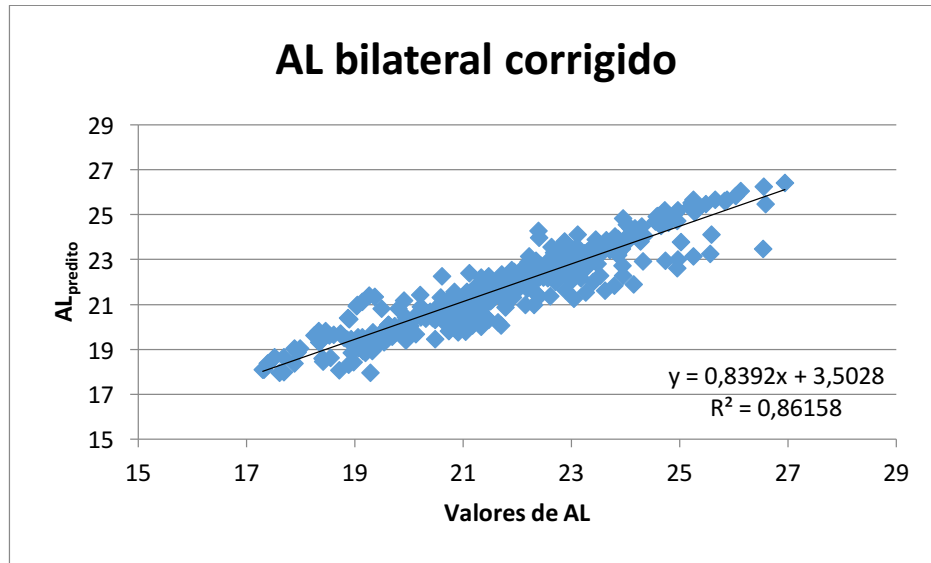
Lin's Concordance Correlation coeff. of Absolute Agreement = 0.9126



**B) Catarata bilateral**

<b>Solution for Fixed Effects</b>					
<b>Effect</b>	<b>Estimate</b>	<b>Standard Error</b>	<b>DF</b>	<b>t Value</b>	<b>Pr &gt;  t </b>
<b>Intercept</b>	-0.9812	1.0812	94	-0.91	0.3665
<b>AL<sub>0</sub></b>	1.0568	0.05170	94	20.44	<.0001
<b>Idade</b>	3.4287	0.2723	290	12.59	<.0001
<b>follow up</b>					
<b>Idade<sub>0</sub></b>	-5.1768	0.6071	94	-8.53	<.0001
<b>Idade<sub>0</sub>*Idade</b>	0.9023	0.4015	290	2.25	0.0254
<b>follow up</b>					

<b>Pearson Correlation Coefficients, N = 401</b>		
<b>Prob &gt;  r  under H0: Rho = 0</b>		
	AL <sub>medido</sub>	AL <sub>predito</sub>
<b>AL<sub>medido</sub></b>	1.00000	0.92821
		<.0001
<b>AL<sub>predito</sub></b>	0.92821	1.00000
	<.0001	



AGREEMENT: BLAND-ALTMAN METHOD

Bland-Altman: Descriptive Statistics (listwise)

```
-----
Variable   Valid   Miss   Obs     Mean   Std. Dev. [95% Conf. Interval]
Y: AL1     401     0     401    21.80561  1.879403   21.6211  21.99012
X: Pred    401     0     401    21.80178  1.699145   21.63497  21.96859
-----
```

Valid number of cases (listwise): 401

Bland-Altman: Absolute values of Bias & Limits of Agreement (LoA)

```
-----
Parameter           Estimate   Std. Dev.   Std. Err. [95% Conf. Interval]
Diff. (Y-X): Bias   .0038324   .7006922    .0349909   -.0649566   .0726215
                  Lower LoA -1.369499                .060606    -1.488645 -1.250353
                  Upper LoA  1.377164                .060606    1.258018  1.49631
-----
```

Cases over limit = 17 (4.24%)

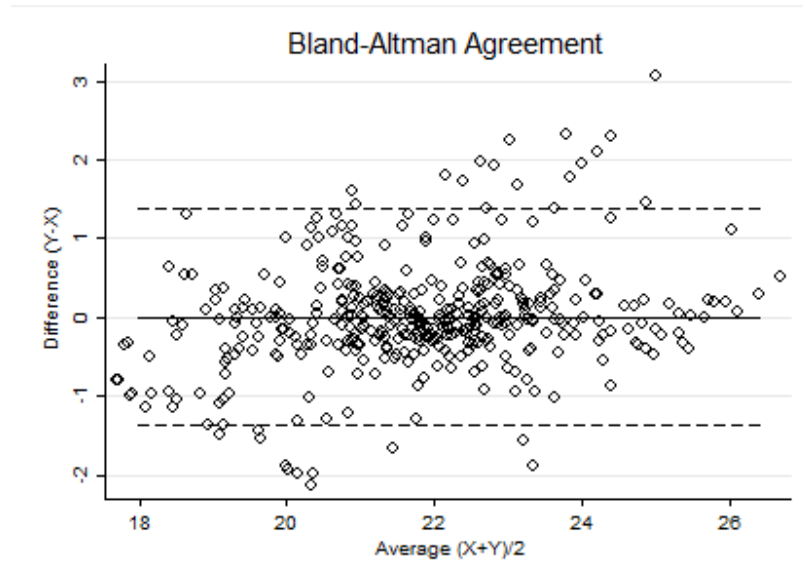
Cases under limit = 12 (2.99%)

Spearman correlation between (Y-X) and (X+Y)/2: r= 0.2162 (p= 0.0000)

Lin's Concordance Correlation coeff. of Absolute Agreement = 0.9235

-----





### C) Catarata unilateral

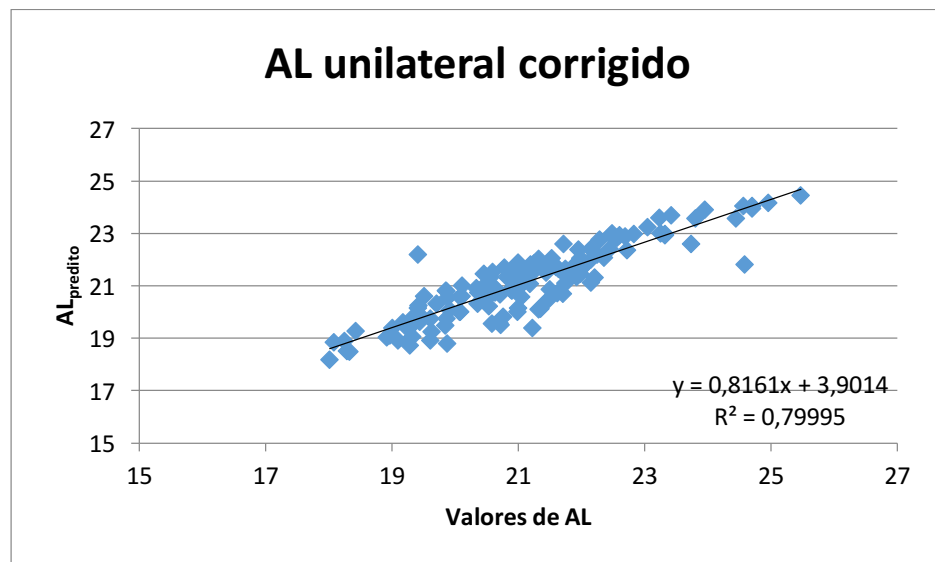
Solution for Fixed Effects					
Effect	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr >  t
<b>Intercept</b>	3.5851	1.9623	38	1.83	0.0756
<b>AL<sub>0</sub></b>	0.8225	0.09167	38	8.97	<.0001
<b>Idade</b>	3.1196	0.6825	88	4.57	<.0001
<b>follow up</b>					
<b>Idade<sub>0</sub></b>	-5.2561	1.4417	38	-3.65	0.0008
<b>Idade<sub>0</sub>*Idade</b>	2.6173	1.0964	88	2.39	0.0191
<b>follow up</b>					

---

**Pearson Correlation Coefficients, N = 141**
**Prob > |r| under H0: Rho = 0**

	AL <sub>medido</sub>	AL <sub>predito</sub>
AL <sub>medido</sub>	1.00000	0.89440
		<.0001
AL <sub>predito</sub>	0.89440	1.00000
	<.0001	

---



AGREEMENT: BLAND-ALTMAN METHOD

Bland-Altman: Descriptive Statistics (listwise)

```

-----
Variable   Valid  Miss  Obs    Mean  Std. Dev.  [95% Conf. Interval]
Y: AL1     141    0    141   21.11887  1.512518   20.86703  21.3707
X: Pred    141    0    141   21.13736  1.380178   20.90756  21.36716
-----

```

Valid number of cases (listwise): 141

## Bland-Altman: Absolute values of Bias &amp; Limits of Agreement (LoA)

Parameter	Estimate	Std. Dev.	Std. Err.	[95% Conf. Interval]	
Diff. (Y-X): Bias	-.0184943	.6770571	.0570185	-.1312229	.0942343
Lower LoA	-1.345502		.0987589	-1.540754	-1.15025
Upper LoA	1.308513		.0987589	1.113261	1.503765

Cases over limit = 2 (1.42%)

Cases under limit = 1 (0.71%)

Spearman correlation between (Y-X) and (X+Y)/2:  $r = 0.1572$  ( $p = 0.0626$ )

Lin's Concordance Correlation coeff. of Absolute Agreement = 0.8906

