

OTAVIO SIQUEIRA BISNETO

ABERRAÇÕES DE ALTA ORDEM:
associação com a idade e erros de refração

CAMPINAS

2006

OTAVIO SIQUEIRA BISNETO

ABERRAÇÕES DE ALTA ORDEM:
associação com a idade e erros de refração

*Dissertação de Mestrado apresentada à Pós-Graduação
da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade
Estadual de Campinas, para obtenção do título de Mestre
em Ciências Médicas área de concentração Oftalmologia*

ORIENTADORA: PROF.^a DR.^a EDMÉA RITA TEMPORINI NASTARI

CAMPINAS

2006

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS DA UNICAMP

Bibliotecário: Sandra Lúcia Pereira – CRB-8ª / 6044

B542r	<p>Bisneto, Otávio Siqueira Aberrações de alta ordem: associação com a idade e erros de refração. / Otávio Siqueira Bisneto. Campinas, SP: [s.n.], 2006.</p> <p>Orientador: Edméa Rita Temporini Nastari Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Médicas.</p> <p>1. Aberração (ótica). 2. Idade. 3. Refração. I. Nastari, Edméa Rita Temporini. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Médicas. III. Título.</p>
-------	--

Título em ingles: Relationship between order aberrations and age and refraction errors

Keywords:

- **Optical aberrations**
- **Age**
- **Refraction**

Área de Concentração: Oftalmologia

Titulação: Mestrado em Ciências Médicas

Banca examinadora:

Prof^ª.Dr^ª. Edméa Rita Temporini Nastari

Prof^ª.Dr^ª. Rosane Silvestre de Castro

Prof^º Dr^º Adamo Lui Netto

Data da defesa: 09 - 08 - 2006

Banca examinadora da Dissertação de Mestrado

Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Edméa Rita Temporini Nastari

Membros:

1. Edméa Rita Temporini Nastari

2. Rosane Silvestre de Castro

3. Adamo Lui Netto

Curso de pós-graduação em Ciências Médicas, da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas.

Data: 09/08/2006

*À minha esposa Flávia e
meu filho Marco Antonio*

AGRADECIMENTOS

À Professora Dr.^a Edmea Rita Temporini Nastari, pela paciência, tempo e atenção dispensados, e pela enorme contribuição no meu crescimento pessoal e profissional.

Ao Professor Dr. Carlos Eduardo Leite Arieta, não só por toda a ajuda recebida, mas, sobretudo, pela porta que me foi aberta possibilitando a realização desta jornada.

Ao Professor Dr. Hamilton Moreira, pela confiança em mim depositada, e pelo apoio diário recebido, expresso minha admiração pela pessoa e profissional que representa um ponto a ser atingido em minha vida.

Ao Professor Dr. Carlos Augusto Moreira e à Professora Dr.^a Saly B. Moreira, meus eternos professores.

Ao Professor Dr. Adamo Lui Netto, sem o qual esta jornada não teria nem se iniciado, pela amizade e ajuda sempre oferecidas.

A todos os funcionários do Hospital de Olhos do Paraná, sem os quais nada teria sido possível.

À Ana Rita de Oliveira Gonçalves, pela grande ajuda em todas as etapas deste processo.

À Professora Dr.^a Cinara S. de Oliveira e à Dr.^a Heloisa Helena Abil Russ, por toda a ajuda recebida.

Aos meus pais, Otávio e Raquel, meu irmão Alexandre, meus sogros Irajá e Regina, aos quais não existem palavras para expressar meu agradecimento por tudo o que representam em minha vida.

À minha esposa Flávia e meu filho Marco Antonio, grandes responsáveis pela minha alegria em viver.

	<i>Pág.</i>
RESUMO	<i>xiv</i>
ABSTRACT	<i>xvi</i>
1- INTRODUÇÃO	18
2- OBJETIVOS	21
3- REVISÃO DE LITERATURA	23
3.1- Análise de frente de onda - Histórico	24
3.2- Análise das aberrações oculares	27
3.3- Polinômios de Zernique	28
3.4- Qualidade de visão e aberrações oculares	31
3.5- Aberrações oculares em olhos normais	31
4- MATERIAIS E MÉTODO	33
4.1- Tipo de estudo	34
4.2- População e amostra	34
4.3- Critérios de inclusão e exclusão	34
4.4- Variáveis	35
4.5- Procedimentos e instrumentos	35
4.6- Grupos em estudo	37
4.7- Análise estatística	37

5- RESULTADOS.....	39
5.1- Grupos.....	40
5.1.1- De acordo com o erro de refração.....	40
5.1.2- De acordo com a idade.....	40
5.2- Sexo.....	40
5.3- Idade.....	41
5.4- Comparação geral entre os grupos de acordo com o erro de refração e as variáveis estudadas.....	42
5.5- Correlações entre as variáveis estudadas e o erro de refração.....	44
5.6- Comparação geral entre os grupos de acordo com a idade e as variáveis estudadas.....	48
6- DISCUSSÃO.....	58
7- CONCLUSÕES.....	64
8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
9- ANEXO 1- Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da Unicamp.....	71

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

®	marca registrada
CCD	<i>charged coupled device</i> ; câmera sensível a luz infra-vermelha
D	dioptrias
EE	equivalente esférico
RMS	<i>root mean square</i> ; raiz quadrada média; representa a quantidade de aberrações ópticas em micra
μ	micra

LISTA DE TABELAS

	<i>Pág.</i>
Tabela 1 Sexo nos grupos de estudo.....	41
Tabela 2 Idade nos grupos de estudo.....	41
Tabela 3 Análise comparativa das variáveis por grupos de acordo com o erro de refração.....	42
Tabela 4 Análise comparativa das variáveis em relação à idade.....	48

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	<i>Pág.</i>
Ilustração 1 Disco de Scheiner.....	24
Ilustração 2 Aberrômetro de Tscherning.....	25
Ilustração 3 Sensor de Hartmann-Schack.....	28
Ilustração 4 Pirâmide de Zernike.....	30
Ilustração 5 Exemplo de exame de aberrometria utilizado no estudo.....	36

		<i>Pág.</i>
Figura	Correlação entre esférico e coma.....	44
Figura 2	Correlação entre esférico e aberração esférica.....	44
Figura 3	Correlação entre esférico e outras.....	45
Figura 4	Correlação entre esférico e RMS de alta ordem.....	45
Figura 5	Correlação entre equivalente esférico e coma.....	46
Figura 6	Correlação entre equivalente esférico e aberração esférica.....	46
Figura 7	Correlação entre equivalente esférico e outras.....	47
Figura 8	Correlação entre equivalente esférico e RMS de alta ordem.....	47
Figura 9	Correlação entre idade e aberração esférica.....	50
Figura 9A	Correlação entre idade e aberração esférica até 30 anos (GRUPO A).....	50
Figura 9B	Correlação entre idade e aberração esférica 31 a 44 anos (GRUPO B).....	51
Figura 9C	Correlação entre idade e aberração esférica 45 anos e mais (GRUPO C).....	51
Figura 10	Correlação entre idade e outras.....	52
Figura 10A	Correlação entre idade e outras até 30 anos (GRUPO A).....	52
Figura 10B	Correlação entre idade e outras 31 a 44 anos (GRUPO B).....	53
Figura 10C	Correlação entre idade e outras 45 anos e mais (GRUPO C).....	53

Figura 11	Correlação entre idade e RMS de alta ordem.....	54
Figura 11A	Correlação entre idade e RMS de alta ordem até 30 anos (GRUPO A).....	54
Figura 11B	Correlação entre idade e RMS de alta ordem 31 a 44 anos (GRUPO B).....	55
Figura 11C	Correlação entre idade e RMS de alta ordem 45 anos e mais (GRUPO C).....	55
Figura 12	Correlação entre idade e coma.....	56
Figura 12A	Correlação entre idade e coma até 30 anos (GRUPO A).....	56
Figura 12B	Correlação entre idade e coma 31 a 44 anos (GRUPO B).....	57
Figura 12C	Correlação entre idade e coma 45 anos e mais (GRUPO C).....	57

RESUMO

Objetivo: avaliar a relação entre aberrações de alta ordem, erros de refração e idade.

Material e Método: realizou-se estudo retrospectivo analítico, de pacientes submetidos a exames de aberrometria. Foram incluídos neste estudo todos os sujeitos examinados no aberrômetro LADARWAVE[®] (Alcon, Fort Worth, Texas), no Hospital de Olhos do Paraná (Curitiba-Brasil) no período de abril de 2004 a abril de 2005, sendo o principal critério de inclusão acuidade visual corrigida ou não de 20/20 ou melhor e o principal critério de exclusão presença de cirurgia e/ou doença ocular prévia. Foram estudadas as seguintes variáveis: idade, grau de refração esféro-cilíndrica, medida do equivalente esférico, aberrações de alta ordem divididas em: coma, aberração esférica, outras e *root mean square (rms)* de alta ordem. Todas as variáveis foram obtidas através do exame de aberrometria realizado no aberrômetro LADARWAVE[®], sob cicloplegia, considerando-se pupila de 6,5 mm. Foram avaliadas aberrações ópticas de alta ordem até a oitava ordem nos polinômios de Zernike. Os pacientes foram divididos em 6 grupos de acordo com o erro de refração e em 3 grupos de acordo com a idade. **Resultados:** foram avaliados 312 olhos dos quais 201 foram incluídos no estudo. A idade média desses pacientes foi de $33,9 \pm 10,1$ anos variando de 7 a 62 anos. Após análise estatística, na comparação entre os grupos de acordo com o erro de refração, foi observado que os pacientes hipermétropes com astigmatismo inferior a $-0,75$ D (GRUPO 5) apresentaram maior quantidade de aberração esférica, e que os pacientes hipermétropes com astigmatismo superior a $-0,75$ D (GRUPO 6) apresentaram maior quantidade de aberrações denominadas "outras" e *RMS* de alta ordem. Na comparação geral entre os grupos de idade, em relação as variáveis estudadas, o grupo de pacientes com 45 ou mais anos (GRUPO C) apresentou maior quantidade de todas as aberrações estudadas. **Conclusão:** a) houve relação positiva, estatisticamente significativa, entre hipermetropia, com e sem astigmatismo, e aberração esférica e *rms* de alta ordem. b) houve relação positiva, estatisticamente significativa, entre idade e aberrações ópticas de alta ordem.

Descritores: Aberrações ópticas de alta ordem; Erros de refração; Idade; Estudo retrospectivo.

ABSTRACT

Purpose: to evaluate the relationship between high order aberrations and refraction errors, and between high order aberrations and age. **Methods:** an analytic retrospective study of patients that underwent aberrometry exam was done. All the subjects examined at LADARWAVE[®] aberrometer at Hospital de Olhos do Paraná from April 2004 to April 2005 were included in this study. The major inclusion criterion was 20/20 or better - corrected or not - visual acuity; and the major exclusion criterion, the presence of previous eye surgery or eye disease. The following variables were analyzed: age, refraction, spherical equivalent, and high order aberrations which were: coma, spherical aberration, others, and high order root mean square (rms). All data were obtained from LADARWAVE[®] aberrometry exam, under cycloplegia, taking only 6.5 mm pupil results. High order aberrations up to eight order Zernike's coefficients were evaluated. Patients were divided in 6 groups according to refraction error and in 3 groups according to age. **Results:** out of 312 eyes, 201 were studied. The mean age was 33.9 ± 10.1, varying from 7 to 62 years of age. After statistical analysis, it was observed that among the refraction error groups hyperopic patients with less than -0.75 D astigmatism (group 5) showed a higher amount of spherical aberration, and that hyperopic patients with more than -0.75 D astigmatism (group 6) showed a higher amount of other and high order rms aberrations. In the general comparison between the age groups, the 45 or older group (group C) showed a higher amount of all the aberrations analyzed. **Conclusion:** a) there was a statistically significant positive relation between hyperopia - with or without astigmatism - and spherical aberration and high order rms. b) there was a statistically significant positive relation between age and all aberrations analyzed.

Key words: high order optical aberrations, refraction errors, age, retrospective study.

1- INTRODUÇÃO

Atualmente, inúmeros aparelhos disponíveis no mercado, tornaram possível a aferição rápida e objetiva das aberrações ópticas de baixa e alta ordem do olho humano, permitindo uma melhor avaliação da função visual (termo utilizado para designar a avaliação da visão através da acuidade visual de Snellen e testes de sensibilidade ao contraste) (MATSUSHIMA, RIBEIRO FILHO e SILVA, 2003). A partir do surgimento da cirurgia refrativa a laser e sua propagação, sabendo-se do seu potencial de induzir ou retirar aberrações ópticas do olho humano é crescente o interesse em se conhecer melhor tais aberrações, bem como sua influência na qualidade visual (THIBOS e APPELEGATE, 2001). O termo "aberração" vem sendo empregado na literatura específica, tendo originado também a denominação do aparelho utilizado na sua mensuração, o aberrômetro.

O primeiro trabalho tratando o assunto da óptica do olho humano foi publicado por Scheiner em 1619, quase 70 anos antes dos trabalhos de Newton e de Huygens, considerados os fundadores da óptica física. Neste trabalho, *Oculus, sive fundamentum opticum*, Scheiner descreveu um aparelho o "disco de Scheiner" para medir "as imperfeições" do olho humano (JANKOV, SCHOR e CHAMON, 2003).

Hartmann em 1900 aperfeiçoa o disco de Scheiner, e seu estudo serve de base para Schack em 1971 criar o sensor de Hartmann-Schack. A primeira aplicação clínica do aberrômetro de Hartmann-Schack foi realizada por Liang em 1994, sendo este atualmente o sensor utilizado na maioria dos aberrômetros existentes no mercado (LIANG et al., 1994; JANKOV, SCHOR e CHAMON, 2003).

Em outra linha de pesquisa, Tscherning em 1894 descreveu um aberrômetro que consistia de uma lente positiva de +5 D com uma grade gravada. Baseado neste estudo, Howland em 1960 apresentou o aberrômetro de cilindro cruzado, e Howland e Howland em 1977 aplicando-o na população humana possibilitaram as primeiras aplicações clínicas deste princípio. Seiler em 1997 aperfeiçoa os princípios de Tscherning, possibilitando o uso deste sensor em alguns aberrômetros atualmente disponíveis no mercado (HOWLAND e HOWLAND, 1977; MROCHEN et al., 2000; JANKOV, SCHOR e CHAMON, 2003).

Pela utilização recente dos aberrômetros na prática clínica são poucos os dados presentes na literatura. Walsh em 1985 publicou estudo onde descreveu as aberrações ópticas do olho humano utilizando o aberrômetro subjetivo de cilindro cruzado de

Howland e Howland (WALSH e CHARMAN, 1985). Somente dez anos após, o mesmo autor descreveu a utilização de um aberrômetro objetivo, computadorizado, sendo crescente desde então o número de publicações (WALSH e COX, 1995).

McLellan et al. em 2001 e Cheng et al. em 2003 não verificaram associação estatística entre as aberrações de alta ordem e miopia ou hipermetropia, relatando porém, que olhos com astigmatismo apresentavam maior quantidade de aberrações totais de alta ordem (MCLELLAN, MARCOS e BURNS, 2001; CHENG, BRADLEY e THIBOS, 2003). Já Simonet et al. em 1999, Marcos et al. em 2000 e Paquin et al. em 2002 descreveram relação direta entre as aberrações de alta ordem e miopia, não se observando, até o presente, consenso na literatura (SIMONET et al., 1999; MARCOS et al., 2000; PAQUIN, HAMAM e SIMONET, 2002).

Calver et al. em 1999, Guirao et al. em 2000, McLellan et al. em 2001 e Artal et al. em 2002, mostraram relação direta entre o aumento das aberrações de alta ordem e a idade (CALVER, COX e ELLIOT, 1999; GUIRAO et al., 2000; MCLELLAN, MARCOS e BURNS, 2001; ARTAL et al., 2002).

Os estudos sobre aberrações ópticas de alta ordem disponíveis até o momento, em sua maior parte, foram realizados com o objetivo de analisar-se as mudanças nas aberrações ópticas de alta ordem nos olhos submetidos a cirurgia refrativa a laser. A literatura, entretanto, carece de estudos que analisem as aberrações ópticas de alta ordem em olhos nunca submetidos a qualquer tratamento cirúrgico, sendo controversa, nos raros estudos publicados a relação entre as aberrações ópticas de alta ordem e os erros de refração, bem como a sua relação com a idade.

2- OBJETIVOS

O objetivo deste estudo foi avaliar:

- a) a relação entre aberrações de alta ordem e erros de refração;
- b) a relação entre aberrações de alta ordem e a idade.

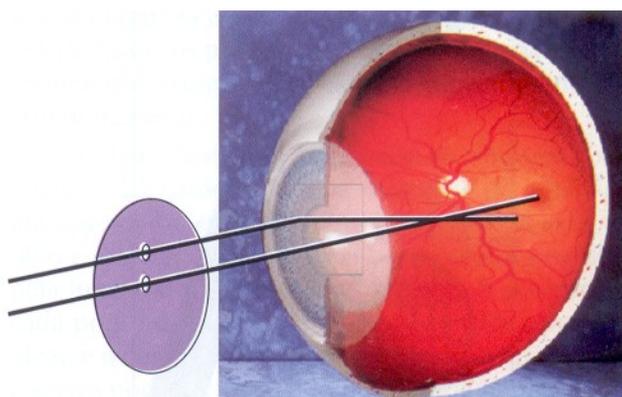
3- REVISÃO DA LITERATURA

3.1-Análise de frente de onda - Histórico

Os princípios básicos da análise de frente de onda foram postulados há quase quatro séculos.

Scheiner, professor da Universidade de Ingolstadt, em 1619, portanto 70 anos antes dos trabalhos de Newton e de Huygens, considerados os fundadores da óptica física, descreveu em seu pioneiro trabalho, *Oculus, sive fundamentum opticum*, um aparelho, conhecido como disco de Scheiner, com o objetivo de medir "as imperfeições" do olho humano (JANKOV, SCHOR e CHAMON, 2003).

O disco de Scheiner é um disco opaco com dois buracos, que quando colocado na frente de um olho "sem imperfeições", projeta somente uma imagem retiniana de um ponto luminoso distante mais de 6 metros. Se o olho apresenta "imperfeições" são formadas duas imagens na retina (JANKOV, SCHOR e CHAMON, 2003).



Fonte: Jankov, Schor e Chamon (2003, p.183)

Ilustração 1- Disco de Scheiner

Tscherning em 1894 descreveu um método para a medida das aberrações do olho humano. O aberrômetro de Tscherning consistia de uma lente positiva de +5,0 D com uma grade gravada. O paciente olhando um objeto puntiforme distante através desta lente poderia enxergar a sombra da grade deformada pelas aberrações do olho, descrevendo-as ou mesmo desenhando-as (TSCHERNING, 1894; JANKOV, SCHOR e CHAMON, 2003).



Fonte: Jankov, Schor e Chamon (2003, p.185)

Ilustração 2- Aberrômetro de Tscherning

Na mesma época Hartmann (1900), modificou o disco de Scheiner, acrescentando mais perfurações ao disco. Assim, a luz oriunda de um objeto distante seria dividida em vários raios e o desvio da posição ideal seria causado pelas aberrações do sistema visual (HARTMANN, 1900; JANKOV, SCHOR e CHAMON, 2003).

Sessenta anos mais tarde, Howland (1960), descreveu o aberrômetro de cilindro cruzado, um sistema de lentes com cilindro cruzado de cinco dioptrias e com cilindro negativo a 45 graus (HOWLAND, 1960; JANKOV, SCHOR e CHAMON, 2003).

Smirnov, em 1961, desenvolveu um aberrômetro modificando o princípio do disco de Scheiner. Existiam uma fonte de luz fixa para referência central e outra móvel para periferia. O paciente ajustaria a posição da luz móvel até a mesma coincidir com a luz de referência. O deslocamento da luz móvel representaria a medida de aberrações neste ponto

da pupila (JANKOV, SCHOR e CHAMON, 2003). Em 1962, este mesmo autor sugeriu a possibilidade da criação de lentes personalizadas para compensar as aberrações oculares individuais (WILLIANS et al., 2001).

Schack em 1971, modificou o disco de Hartmann, substituindo-o por uma matriz de lentes condensadoras, onde a luz de um objeto distante era dividida em raios. O desvio de cada raio da posição ideal representaria as aberrações do sistema óptico. Este sensor ficou conhecido como sensor de Hartmann-Schack (SHACK e PLATT, 1971; KRUEGER, 2001; JANKOV, SCHOR e CHAMON, 2003).

Howland e Howland em 1977, descreveram um aberrômetro, ainda subjetivo, aperfeiçoando o princípio de Tscherning com cilindros cruzados. Este aberrômetro é o primeiro a ser aplicado na população humana, sendo estes os primeiros autores a utilizarem os polinômios de Zernike para descrever as aberrações de alta ordem do olho humano (HOWLAND, 2000; JANKOV, SCHOR e CHAMON, 2003).

Em 1978, Josef Bille na Alemanha, foi o primeiro a utilizar o sensor de Hartmann-Schack na oftalmologia para medir o padrão da córnea e, posteriormente, as aberrações do olho humano (PLATT e SCHACK, 2001).

Liang e Bille, em 1994, utilizaram o sensor de Hartmann-Schack no olho humano para medida de erros refrativos e aberrações oculares de alta ordem (LIANG et al., 1994; JANKOV, SCHOR e CHAMON, 2003).

Walsh em 1995, e Seiler em 1997, descrevem um aberrômetro objetivo, computadorizado, baseado no princípio de Tscherning (WALSH e COX, 1995; JANKOV, SCHOR e CHAMON, 2003).

Desde então a tecnologia de análise de frentes de onda vem sendo utilizada pela indústria oftalmológica, tornando disponíveis no mercado atual um grande número de aparelhos capazes de medir de forma rápida e objetiva as aberrações de baixa e alta ordem do olho humano.

3.2- Análise das aberrações oculares

O aparelho utilizado na oftalmologia para a análise da frente de onda do sistema óptico do olho humano é baseado na avaliação dos raios refratados, sendo denominado sensor de frente de onda ou aberrômetro.

Os aberrômetros analisam o desvio sofrido pela luz refratada do olho em relação à frente de onda plana do sistema óptico ideal.

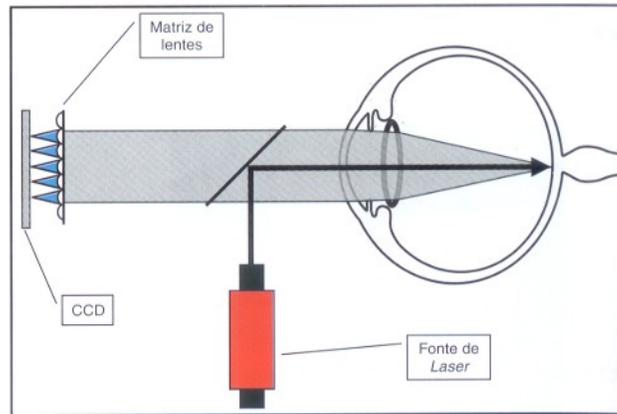
De forma genérica pode-se dividir os sensores, conforme a interpretação feita pelos mesmos dos raios refratados. Se ocorre a análise dos raios de luz incidentes no olho, o sensor é chamado de entrada; se a análise é dos raios emergentes, o sensor é de saída, havendo ainda os sensores que utilizam ambos os métodos (entrada e saída).

Será descrito a seguir o sensor de Hartmann-Schack, não só por ser o utilizado na maioria dos aparelhos disponíveis, mas por ser o princípio do sensor utilizado no LADARWAVE[®], aberrômetro utilizado neste estudo.

O princípio utilizado no sensor de Hartmann-Schack foi originado no disco de Scheiner e sua posterior evolução através de Hartmann em 1900, que acrescentou mais furos ao disco de Scheiner, Smirnov em 1961, criando uma segunda fonte de luz, móvel, que se deslocava lateralmente, e Schack em 1971 que substituiu o disco de Hartmann por uma matriz de lentes condensadoras (SHACK e PLATT, 1971; KRUEGER, 2001; JANKOV, SCHOR e CHAMON, 2003).

O sensor de Hartmann-Schack contém:

- a) uma fonte emissora de luz monocromática
- b) lentes de ampliação
- c) uma matriz de lentes condensadoras
- d) uma câmera *CCD* (*charged coupled device*)



Fonte: Jankov, Schor e Chamon (2003, p.188)

Ilustração 3- Sensor de Hartmann-Schack

A luz infravermelho emitida pelo aberrômetro atravessa todo o sistema óptico ocular no eixo visual sendo focalizado na fóvea. O aberrômetro analisa então a luz que retorna da fóvea, trazendo, portanto informações de todo o sistema óptico, já que a luz atravessa o humor vítreo, cristalino, humor aquoso, pupila e córnea. Os raios de luz ao saírem do olho, passam pelas lentes de ampliação e são direcionados para a matriz de lentes condensadoras. Ao passar pela matriz de lentes, os raios são divididos em vários pontos de foco. Estes pontos são captados por uma câmera *CCD*. A imagem obtida é então comparada com uma imagem padrão onde os pontos de foco são originados de um sistema óptico perfeito, isto é, sem aberrações. O resultado desta comparação é processado por um software, que utiliza um algoritmo para então fornecer os dados quantitativos e qualitativos das aberrações encontradas (JANKOV, SCHOR e CHAMON, 2003; CHALITAa et al., 2004; URBANO AP et al., 2006).

O tipo de luz infravermelho utilizado, assim como o número de lentes presentes na matriz de lentes condensadoras variam por fabricante.

3.3- Polinômios de Zernique

Existem várias funções matemáticas utilizadas na oftalmologia para decompor a forma da frente de onda do sistema óptico do olho humano.

As principais são:

- Polinômios de Zernike
- Série de Fourier
- Polinômios de Taylor
- Polinômios de Seidel

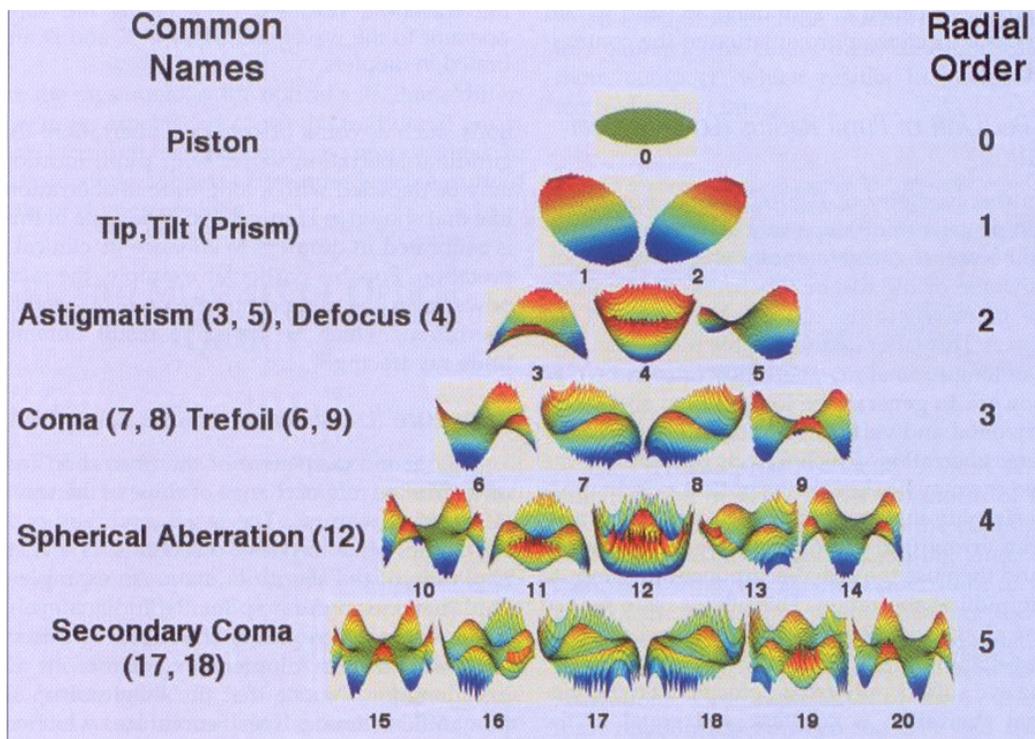
Os polinômios de Zernike são os mais utilizados atualmente para descrever as aberrações oculares, sendo ainda, a forma utilizada pelo aberrômetro LADARWAVE® (Alcon, Forth Worth, Texas) utilizado neste estudo.

Fritz Zernike descreveu os polinômios em 1934 no estudo "Teoria da Difração do Procedimento de Corte e sua Forma Melhorada, o Método de Contraste de Fase".

Howland e Howland em 1977, foram os pioneiros na utilização dos polinômios para descrever as aberrações ópticas oculares.

Os polinômios de Zernique são divididos em várias ordens. Apesar de um polinômio possuir infinitas ordens, os sensores de frente de onda em uso na oftalmologia permitem análise do polinômio de Zernike até a oitava ordem.

As aberrações oculares demonstradas por meio dos polinômios de Zernike estão dispostas numa pirâmide. O primeiro termo ou ápice da pirâmide é de ordem zero e denomina-se pistão. Este termo representa a frente de onda plana ou ideal, não encontrada no olho humano.



Fonte: Thibos e Applegate (2001, p.75)

Ilustração 4- Pirâmide de Zernike

De acordo com a ordem dos polinômios de Zernike dividem-se as aberrações em baixa ordem (primeira e segunda ordens), e alta ordem (terceira ordem em diante).

A unidade de medida das aberrações oculares é o micrômetro (μm), representado pelo valor do *RMS* (*root mean square*).

Assim, por exemplo, *RMS* de alta ordem significa o valor de todas as aberrações de alta ordem mensuradas pelo aberrômetro em micrômetros.

Os valores obtidos nos polinômios de Zernike são dependentes do diâmetro pupilar no momento do exame. Assim, comparações entre exames só tem validade, quando utilizado o mesmo diâmetro pupilar.

3.4- Qualidade de visão e aberrações oculares

Thorn et al. demonstraram que aberrações ópticas de alta ordem inferiores a $1,0 \mu$, não tem grande influência na qualidade da imagem retiniana, utilizando-se no estudo, pupila de 6 mm. Já aberrações superiores a $1,5 \mu$, prejudicaram de maneira significativa a qualidade do texto a ser lido no estudo (THORN et al., 2000).

Applegate et al. publicaram estudo em 2002, onde mostram que quanto mais próxima do centro da pirâmide de Zernike se encontra a aberração, maior é o impacto na qualidade visual. Utilizou-se *RMS* fixo de $0,25 \mu$ para cada termo da pirâmide de Zernike isoladamente (APPLEGATE, SARVER e KHEMSARA, 2002).

Estes dados foram corroborados por outro estudo de Applegate et al., onde demonstrou-se diminuição da acuidade visual linearmente a cada aumento de $0,05 \mu$ no *RMS* (APPLEGATE et al., 2003a).

Applegate et al., ainda afirmam em outro estudo realizado com o programa CT View (sarver and Associates, Inc., Celebration, Florida), que a aberração de alta ordem astigmatismo secundário é mais prejudicial para qualidade de visão do que o astigmatismo de baixa ordem (comparando-se iguais valores de *RMS*). O estudo mostrou ainda que diferentes combinações de aberrações influenciam de maneira diferente a acuidade visual, apesar do mesmo valor total *RMS* (APPLEGATE et al., 2003b).

3.5- Aberrações oculares em olhos normais

Porter et al. avaliaram aberrações do sistema óptico total, de segunda a quinta ordens de 109 olhos normais (considera-se "olho normal" ausência de doença ou cirurgia ocular prévia), e observaram que 83% das aberrações oculares eram de baixa ordem e 17% de alta ordem (PORTER et al., 2001).

Assim, em olhos normais, a miopia, hipermetropia e o astigmatismo são os termos de Zernike de maior magnitude, seguidos em geral pelo coma e aberração esférica.

Em relação as aberrações de alta ordem em olhos normais, são em geral de pequena magnitude e representadas principalmente por aberrações de terceira e quarta ordens (PORTER et al., 2001; NETTO et al., 2005).

Chalita et al. ao estudarem 60 olhos normais, com aberrômetro LADARWAVE[®], com componente esférico entre -11 e +4,5 D e cilíndrico entre -4,75 D e zero, encontraram média da aberração coma 0,35 μ , aberração esférica 0,36 μ , demais termos de terceira e quarta ordem agrupados 0,31 μ , e total de aberrações de alta ordem 1,05 μ . (utilizou-se neste estudo pupila de 7 mm) (CHALITA et al., 2004b).

Netto et al., avaliaram as aberrações oculares de 418 olhos normais com equivalente esférico entre -3,4 +- 3,1 D, variando de -10,7 a +5,4 D. Avaliou-se aberrações de segunda a sexta ordens com aberrômetro WAVESCAN (VISX Inc., Santa Clara, Califórnia), com pupilas de 3 e 6 mm. As aberrações de alta ordem representaram 10,3 +- 11,5% das aberrações totais. O coma foi a aberração de alta ordem de maior magnitude (NETTO et al., 2005).

Wang et al. estudaram 532 olhos normais, utilizando aberrômetro WAVESCAN (VISX), com equivalente esférico entre -11,56 e +7,6 D, com pupila de 6 mm. A média da aberração coma foi 0,17 μ , aberração esférica 0,13 μ e total das aberrações de alta ordem 0,31 μ (WANG e KOCH, 2003).

4- MATERIAIS E MÉTODO

4.1- Tipo de estudo

Realizou-se estudo retrospectivo analítico, de pacientes submetidos a exames de aberrometria realizados no Hospital de Olhos do Paraná.

O projeto de pesquisa deste estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas, em 23 de agosto de 2005 (Anexo 1).

4.2- População e amostra

Foram incluídos todos os indivíduos examinados no aberrômetro LADARWAVE[®] (Alcon, Fort Worth, Texas), no Hospital de Olhos do Paraná (Curitiba-Brasil) no período de abril de 2004 a abril de 2005, respeitando-se os critérios de inclusão e exclusão a seguir relacionados.

4.3- Critérios de inclusão e exclusão

Os critérios de inclusão foram:

- a) existência de prontuário médico no Hospital de Olhos do Paraná para obtenção dos dados a serem analisados;
- b) acuidade visual corrigida ou não de 20/20 ou melhor.

Os critérios de exclusão foram:

- a) doença ocular associada: alterações da superfície ocular, olho sêco, cicatrizes de córnea, trauma ocular, alterações da transparência do cristalino, alterações de transparência do humor vítreo, uso diário de colírios;
- b) uso de lentes de contato;

- c) cirurgia ocular prévia;
- d) prontuário médico incompleto (que não possibilitasse a obtenção dos dados necessários);
- e) pacientes encaminhados por outros serviços apenas para realização de exame;
- f) exames cuja dilatação pupilar máxima fosse inferior a 6,5 mm.

Obs.: o fato do paciente ser ou não candidato à cirurgia refrativa a laser não foi considerado critério de inclusão ou exclusão no estudo.

4.4- Variáveis

Foram estudadas as seguintes variáveis:

- a) idade;
- b) grau de refração esféro-cilíndrica;
- c) medida do equivalente esférico;
- d) aberrações de alta ordem divididas em: coma, aberração esférica, outras e *root mean square (rms)* de alta ordem.

Denominou-se “outras” a soma das aberrações de terceira e quarta ordens, e *rms* de alta ordem a soma das aberrações de alta ordem, de terceira a oitava ordens.

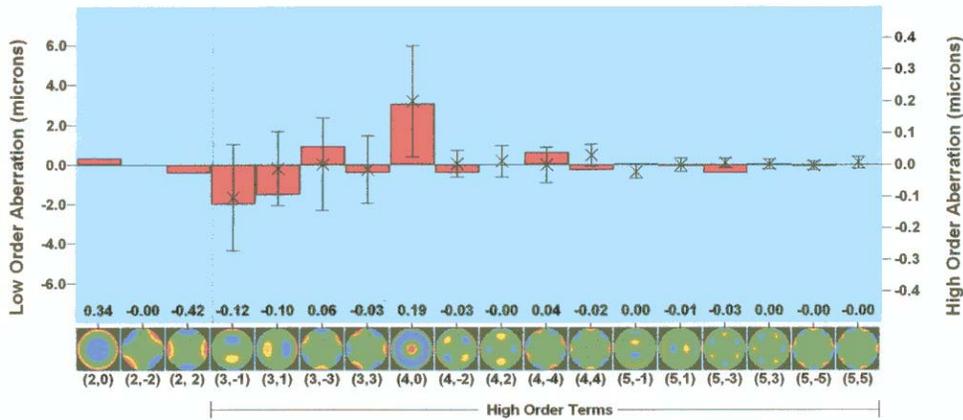
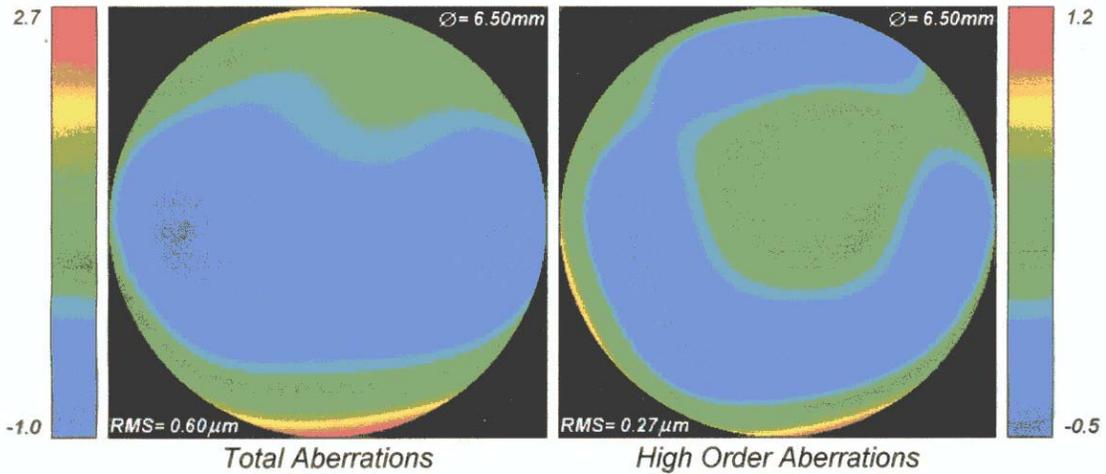
4.5- Procedimentos e instrumentos

Todas as variáveis foram obtidas mediante exame de aberrometria realizado no aberrômetro LADARWAVE[®] (Alcon, Fort Worth, Texas), sob cicloplegia, considerando-se pupila de 6,5 mm. Realizou-se a cicloplegia instilando-se 3 gotas de colírio cicloplégico 1% a intervalo de 5 minutos entre as mesmas, 45 minutos antes da realização do exame. Foram avaliadas aberrações ópticas de alta ordem até a oitava ordem nos polinômios de Zernike. (Ilustração 5)

Right Eye (OD)

February 17, 2005

Refraction from Wavefront		Aberrations		RMS(microns)
Sphere	0.22 Diopters	Defocus		0.34
Cylinder	-0.42 Diopters	Astigmatism		0.42
Axis	176 Degrees	Coma		0.16
Match	55%	Spherical Aberration		0.19
Diameter	6.50mm	Other		0.11



Fonte: Hospital de Olhos do Paraná

Ilustração 5- Exemplo de exame de aberrometria utilizado no estudo

4.6- Grupos em estudo

Os pacientes foram divididos em grupos de acordo com o erro de refração e a idade, conforme segue.

a) de acordo com o erro de refração:

Grupo 1: grau esférico negativo menor ou igual a 3,0 D e grau cilíndrico negativo menor ou igual a 0,75 D;

Grupo 2: grau esférico negativo maior que 3,0 D e grau cilíndrico negativo menor ou igual a 0,75 D;

Grupo 3: grau esférico negativo e grau cilíndrico negativo maior que 0,75 D e menor ou igual a 3,0 D;

Grupo 4: grau esférico negativo e grau cilíndrico negativo maior que 3,0 D;

Grupo 5: grau esférico positivo e grau cilíndrico negativo menor ou igual a 0,75 D;

Grupo 6: grau esférico positivo e grau cilíndrico negativo maior que 0,75 D.

Obs.: nos grupos 3 e 4 não há limite para o grau esférico negativo.

b) de acordo com a idade:

Grupo A: pacientes de 0 a 30 anos;

Grupo B: pacientes de 31 a 44 anos;

Grupo C: pacientes de 45 ou mais anos.

4.7- Análise estatística

As variáveis quantitativas foram representadas por média, desvio padrão, mediana, valores mínimo e máximo.

Recorreu-se à análise descritiva dos dados por meio de tabelas e figuras. Foram utilizados a Análise da Variância (One Way ANOVA), e o teste não-paramétrico "Qui-Quadrado" (pelo Epi-Info), para comparação entre os grupos em relação as variáveis estudadas. O "Coeficiente de Correlação de Pearson" (através do *software "Primer of Biostatistics"*), para correlação entre as variáveis estudadas e a idade e erros de refração. O nível de significância adotado foi menor que 5% ($p < 0,05$).

5- RESULTADOS

Foram avaliados 312 olhos dos quais 201 foram incluídos no estudo de acordo com os critérios de inclusão e exclusão.

Os 201 olhos eram de 124 pacientes sendo que 63 (50,8%) eram do sexo masculino e 61 (49,2%) do sexo feminino. A idade média desses pacientes foi de $33,9 \pm 10,1$ anos (mediana de 33 anos) variando de 7 a 62 anos.

5.1- Grupos

5.1.1- De acordo com o erro de refração

- Grupo 1- n = 66 (32,8%)
- Grupo 2- n = 16 (7,9%)
- Grupo 3- n = 71 (35,3%)
- Grupo 4- n = 09 (4,4%)
- Grupo 5- n = 17 (8,4%)
- Grupo 6- n = 22 (10,9%)

5.1.2- De acordo com a idade

- Grupo A- n = 73 (36,3%)
- Grupo B- n = 105 (52,2%)
- Grupo C- n = 23 (11,5%)

5.2- Sexo

Na avaliação do sexo entre os grupos de acordo com o erro de refração, não foi observado diferença significativa (Tabela 1).

Tabela 1- Sexo nos grupos de estudo

Grupo	Masculino		Feminino		Total	
	n	%	n	%	n	%
1	21	51,2	20	48,8	41	33,1
2	3	25	9	75	12	9,7
3	22	56,4	17	43,6	39	31,4
4	4	80	1	20	5	4
5	5	41,7	7	58,3	12	9,7
6	8	53,3	7	46,7	15	12,1
TOTAL	63	50,8	61	49,2	124	100

P = 0,323 (Qui-Quadrado)

5.3- Idade

A avaliação da idade se manteve homogênea entre os grupos de acordo com o erro de refração, não apresentando diferença significativa (Tabela 2).

Tabela 2- Idade nos grupos de estudo

Grupo	n	Média Idade (anos)	Desvio Padrão	Mínimo Idade (anos)	Máximo Idade (anos)	Mediana
1	41	32,7	9	19	62	-
2	12	32,3	9,9	21	58	30,5
3	39	35,3	8	23	58	-
4	5	32,6	11,1	21	47	32
5	12	32	15,7	7	55	34
6	15	36,3	12,6	8	61	36
TOTAL	124	33,9	10,1	7	62	-

p = 0,708 (ANOVA)

5.4- Comparação entre os grupos de acordo com o erro de refração e as variáveis estudadas

Tabela 3- Análise comparativa das variáveis por grupos de acordo com o erro de refração

Continua

Variáveis/ Grupo	n	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Mediana	Valor de p ⁽¹⁾
Refração Esférica	201	-1,82	3,16	-10,62	9,2	-1,9	< 0,0001
1	66	-1,69	0,84	-3,08	-0,19	-1,81	
2	16	-4,82	1,95	-8,69	-3,28	-4,08	
3	71	-3,56	2,59	-10,62	0	-3,02	
4	9	-3,27	2,47	-7,09	-0,01	-1,91	
5	17	1,51	1,31	0,03	3,7	1,03	
6	22	3,63	2,54	0,1	9,2	3,25	
Refração Cilíndrica	201	-1,19	1,23	-5,5	-0,04	-0,75	< 0,0001
1	66	-0,41	0,19	-0,75	-0,05	-0,4	
2	16	-0,3	0,2	-0,75	-0,04	-0,27	
3	71	-1,43	0,5	-3,01	-0,31	-1,37	
4	9	-4,29	0,93	-5,5	-3,11	-4,52	
5	17	-0,39	0,17	-0,66	-0,08	-0,41	
6	22	-2,71	1,82	-5,47	-0,82	-2,18	
EE	201	-2,41	3,11	-11,27	7,69	-2,35	< 0,0001
1	66	-1,89	0,86	-3,42	-0,3	-2,04	
2	16	-4,98	1,99	-8,95	-3,38	-4,3	
3	71	-4,27	2,54	-11,27	-0,62	-3,89	
4	9	-5,41	2,51	-9,04	-1,57	-4,18	
5	17	1,31	1,3	-0,07	3,4	0,91	
6	22	2,27	2,46	-0,39	7,69	1,21	
Coma	201	0,2	0,12	0,01	0,74	0,19	0,124
1	66	0,2	0,11	0,01	0,5	0,19	
2	16	0,21	0,17	0,02	0,55	0,15	
3	71	0,19	0,09	0,02	0,47	0,19	
4	9	0,2	0,09	0,05	0,33	0,19	
5	17	0,28	0,14	0,09	0,59	0,29	
6	22	0,22	0,15	0,06	0,74	0,2	
Aberração Esférica	201	0,18	0,14	0	0,66	0,16	0,001
1	66	0,16	0,12	0	0,41	0,16	
2	16	0,2	0,15	0,05	0,66	0,19	
3	71	0,15	0,14	0	0,66	0,1	
4	9	0,14	0,1	0,01	0,34	0,13	
5	17	0,26	0,09	0,09	0,45	0,27	
6	22	0,27	0,21	0,01	0,66	0,21	

Variáveis/ Grupo	n	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Mediana	Conclusão
							Valor de p ⁽¹⁾
Outras	201	0,27	0,1	0,03	0,81	0,25	0,009
1	66	0,27	0,08	0,12	0,52	-	
2	16	0,27	0,08	0,14	0,38	-	
3	71	0,26	0,08	0,13	0,47	0,24	
4	9	0,3	0,12	0,17	0,54	0,26	
5	17	0,21	0,12	0,03	0,54	0,18	
6	22	0,33	0,17	0,15	0,81	0,26	
RMS de Alta Ordem	201	0,41	0,15	0,18	1,13	0,39	0,001
1	66	0,39	0,11	0,19	0,73	-	
2	16	0,43	0,18	0,2	0,84	0,39	
3	71	0,38	0,13	0,18	0,81	0,36	
4	9	0,41	0,11	0,29	0,68	-	
5	17	0,47	0,11	0,27	0,66	-	
6	22	0,52	0,24	0,24	1,13	0,47	

EE= equivalente esférico; RMS= root mean square; OUTRAS= soma das aberrações ópticas de terceira e quarta ordens; RMS DE ALTA ORDEM= soma das aberrações ópticas de alta ordem de terceira a oitava ordens
(1) Análise da Variância (ANOVA).

Na comparação entre os grupos de acordo com o erro de refração, em relação as variáveis estudadas, foi observado que a variável **coma** não apresentou diferença significativa entre os grupos, em relação as demais variáveis têm-se:

- **aberração esférica:** o Grupo 5 apresentou maior valor (mediana de 0,27) (p=0,001);
- **outras:** o Grupo 6 apresentou maior valor (mediana de 0,26) (p=0,009);
- **Rms de alta ordem:** o Grupo 6 apresentou maior valor (mediana de 0,47) (p=0,001).

5.5- Correlações entre as variáveis estudadas e o erro de refração

- **Esférico x Coma:** foi observado uma correlação fraca sem diferença significativa ($r = 0,0964$; $p = 0,1787$) (Figura 1);

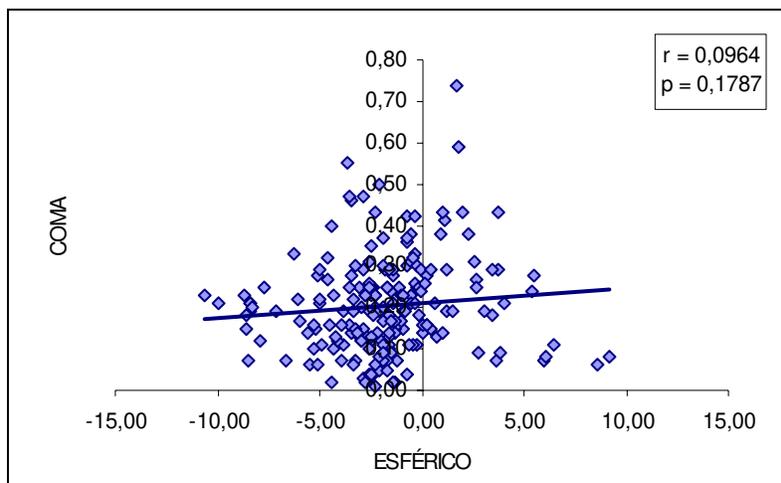


Figura 1- Correlação entre esférico e coma

- **Esférico x Aberração Esférica:** foi observado uma correlação moderada com diferença significativa ($r = 0,1855$; $p = 0,0068$), ou seja, esférico mais baixo tende a ter aberração esférica também mais baixo (Figura 2);

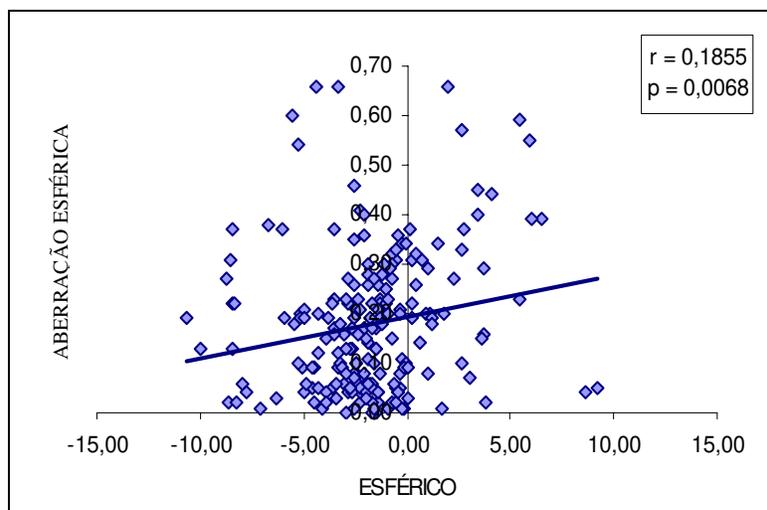


Figura 2 - Correlação entre esférico e aberração esférica

- **Esférico x Outras:** foi observado uma correlação negativa, muito baixa sem diferença significativa ($r = -0,0200$; $p = 0,7985$) (Figura 3);

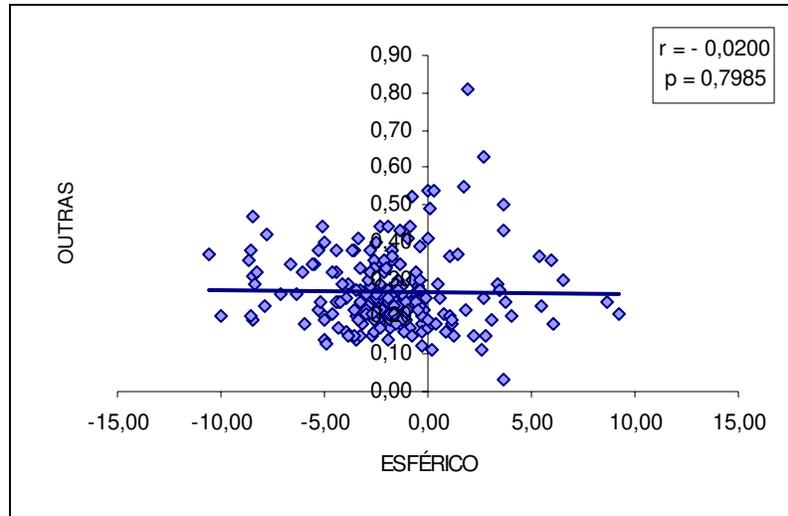


Figura 3- Correlação entre esférico e outras

- **Esférico x RMS de alta ordem:** foi observado uma correlação moderada com diferença significativa ($r = 0,1568$; $p = 0,0262$), ou seja, esférico mais baixo tende a ter RMS de alta ordem também mais baixo (Figura 4);

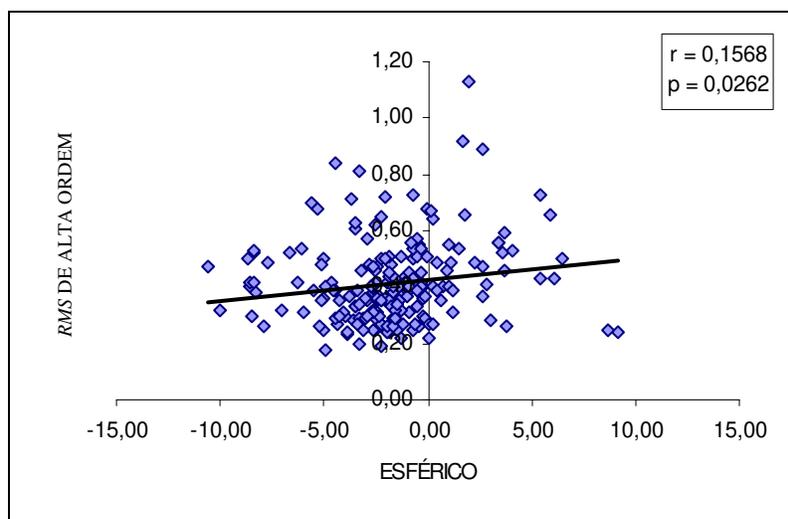


Figura 4- Correlação entre esférico e RMS de alta ordem

- **Equivalente Esférico x Coma:** foi observado uma correlação fraca sem diferença significativa ($r=0,1217$; $p=0,0907$) (Figura 5);

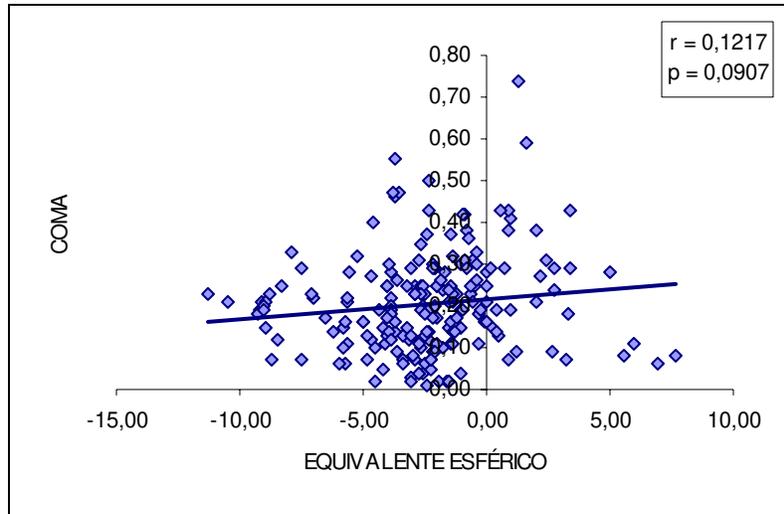


Figura 5- Correlação entre equivalente esférico e coma

- **Equivalente Esférico x Aberração Esférica:** foi observado uma correlação moderada com diferença significativa ($r = 0,1884$; $p = 0,0065$), ou seja, equivalente esférico mais baixo tende a ter aberração esférica também mais baixo (Figura 6);

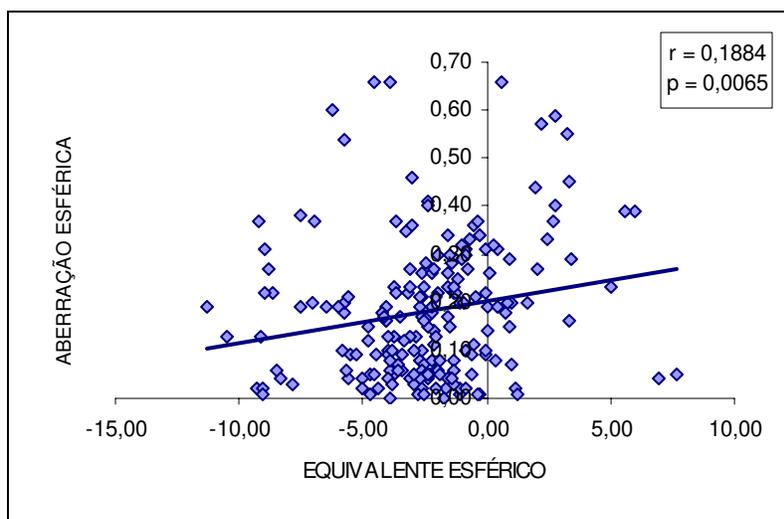


Figura 6- Correlação entre equivalente esférico e aberração esférica

- **Equivalente Esférico x Outras:** foi observado uma correlação negativa, muito baixa sem diferença significativa ($r = -0,0387$; $p = 0,5844$) (Figura 7);

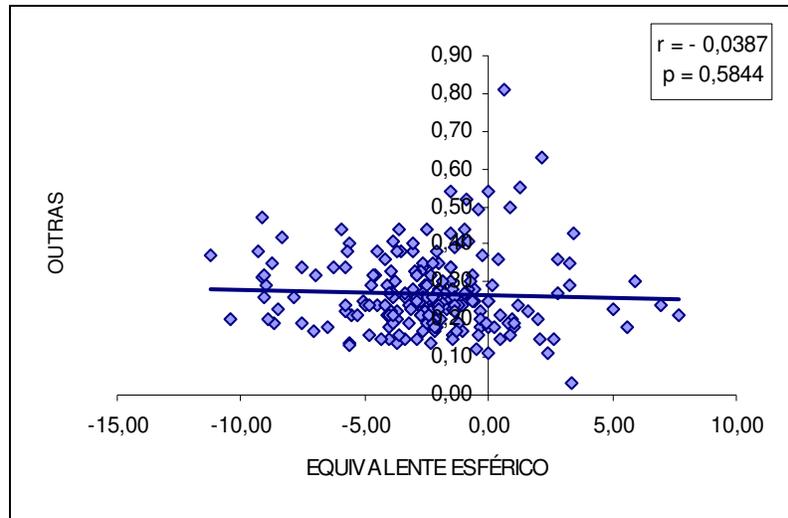


Figura 7- Correlação entre equivalente esférico e outras

- **Equivalente Esférico x RMS de alta ordem:** foi observado uma correlação moderada com diferença significativa ($r = 0,1597$; $p = 0,0258$), ou seja, equivalente esférico mais baixo tende a ter *RMS* de alta ordem também mais baixo (Figura 8).

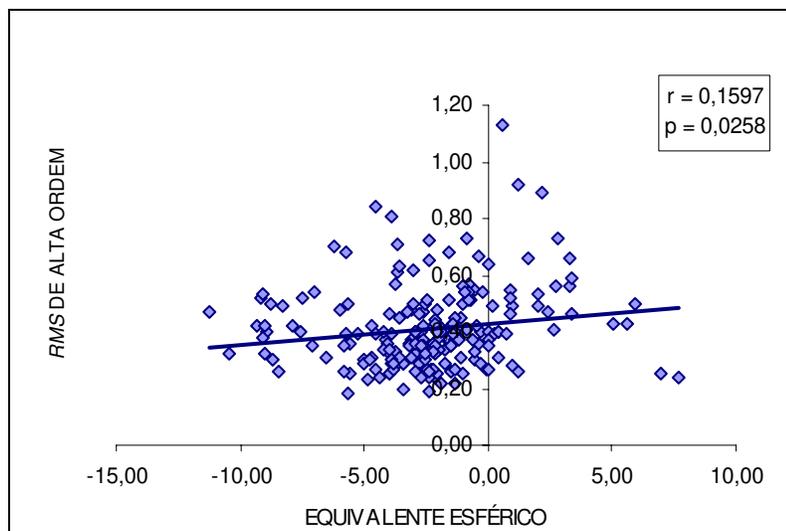


Figura 8- Correlação entre equivalente esférico e *RMS* de alta ordem

5.6- Comparação entre os grupos de acordo com a idade e as variáveis estudadas

Tabela 4- Análise comparativa das variáveis em relação à idade

Variáveis/ Grupo	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Mediana	valor de P ⁽¹⁾
Refração Esférica	201	-1,82	3,16	-10,62	9,2	-1,9	0,363
A	73	-2,24	2,43	-8,57	3,79	-1,94	
B	105	-1,58	3,27	-8,69	9,2	-1,9	
C	23	-1,57	4,49	-10,62	5,93	-0,49	
Refração Cilíndrica	201	-1,19	1,23	-5,5	-0,04	-0,75	0,842
A	73	-1,16	1,32	-5,5	-0,04	-0,63	
B	105	-1,18	1,11	-5,47	-0,05	-0,9	
C	23	-1,33	1,5	-5,35	-0,09	-0,89	
EE	201	-2,41	3,11	-11,27	7,69	-2,35	0,374
A	73	-2,82	2,48	-9,06	1,18	-2,68	
B	105	-2,17	3,2	-9,3	7,69	-2,25	
C	23	-2,23	4,28	-11,27	3,26	-1,57	
Coma	201	0,2	0,12	0,01	0,74	0,19	< 0,0001
A	73	0,19	0,11	0,01	0,55	0,17	
B	105	0,19	0,1	0,02	0,46	0,19	
C	23	0,31	0,16	0,07	0,74	0,27	
Aberração Esférica	201	0,18	0,14	0	0,66	0,16	< 0,0001
A	73	0,15	0,1	0,01	0,33	0,17	
B	105	0,16	0,13	0	0,6	0,13	
C	23	0,37	0,18	0,01	0,66	0,36	

Outras	201	0,27	0,1	0,03	0,81	0,25	< 0,0001
A	73	0,25	0,08	0,11	0,52	0,24	
B	105	0,26	0,09	0,03	0,54	0,25	
C	23	0,34	0,16	0,15	0,81	0,32	
RMS de Alta Ordem	201	0,41	0,15	0,18	1,13	0,39	< 0,0001
A	73	0,37	0,11	0,19	0,73	-	
B	105	0,39	0,11	0,18	0,7	-	
C	23	0,63	0,2	0,32	1,13	0,57	

EE= EQUIVALENTE ESFÉRICO; RMS= *ROOT MEAN SQUARE*; Grupo A= até 30 anos; Grupo B= 31 A 44 anos; Grupo C= 45 anos e mais; Outras= Soma das aberrações ópticas de terceira e quarta ordens; RMS de Alta Ordem= Soma das aberrações ópticas de alta ordem de terceira a oitava ordens. (1) Análise da variância (ANOVA).

Na comparação entre os grupos de idade, em relação as variáveis estudadas, não foi observado diferença significativa nas variáveis **refração esférica**, **refração cilíndrica** e **equivalente esférico** e em relação as demais variáveis têm-se:

- **Coma:** o Grupo C (De 45 anos e mais) apresentou maior valor (mediana de 0,27) ($p < 0,0001$);
- **Aberração esférica:** o Grupo C (De 45 anos e mais) apresentou maior valor (mediana de 0,36) ($p < 0,0001$);
- **Outras:** o Grupo C (De 45 anos e mais) apresentou maior valor (mediana de 0,32) ($p < 0,0001$);
- **RMS de alta ordem:** o Grupo C (De 45 anos e mais) apresentou maior valor (mediana de 0,57) ($p < 0,0001$);
- **Aberração Esférica:** foi observado uma correlação moderada com diferença significativa ($r = 0,3438$; $p < 0,0001$), ou seja, há maior concentração dos dados entre 20 e 45 anos com aberração esférica mais baixo (Figura 9). Na avaliação individual por grupo de idade, a melhor correlação com diferença significativa foi observada no Grupo A ($r = -0,3253$; $p = 0,0050$), porém negativa. As figuras 9A, 9B e 9C representam os grupos etários, respectivamente, até 30 anos, de 31 a 44 anos e 45 anos e mais.

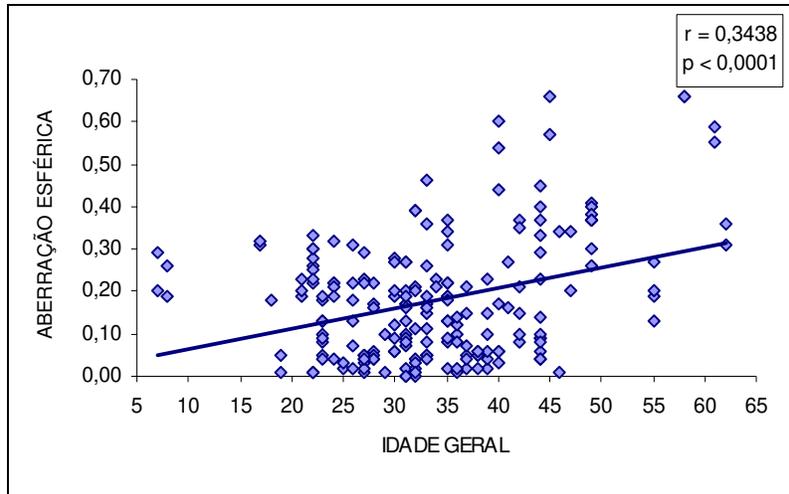


Figura 9- Correlação entre idade e aberração esférica

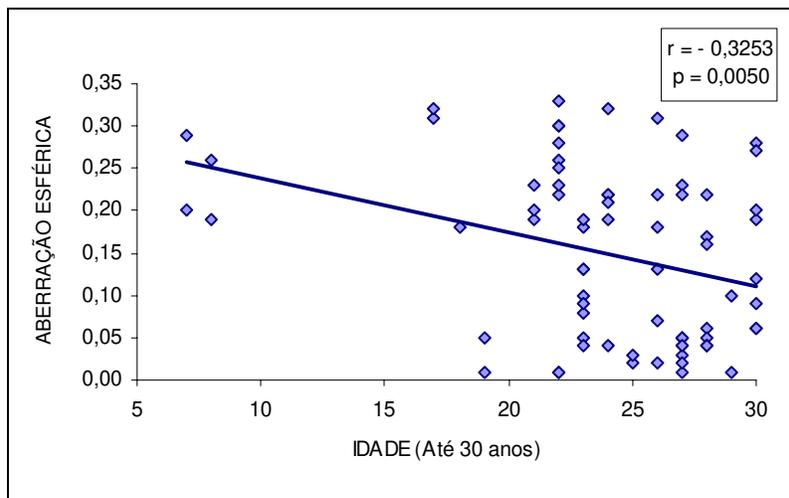


Figura 9A- Correlação entre idade e aberração esférica - até 30 anos (GRUPO A)

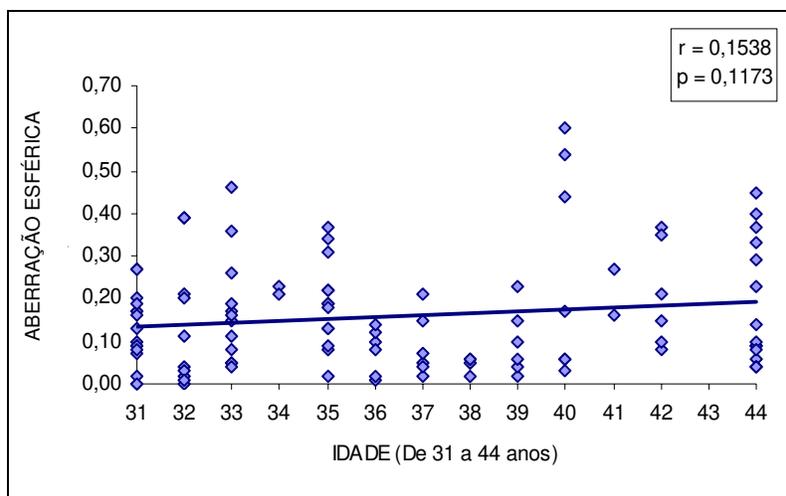


Figura 9B- Correlação entre idade e aberração esférica - 31 a 44 anos (GRUPO B)

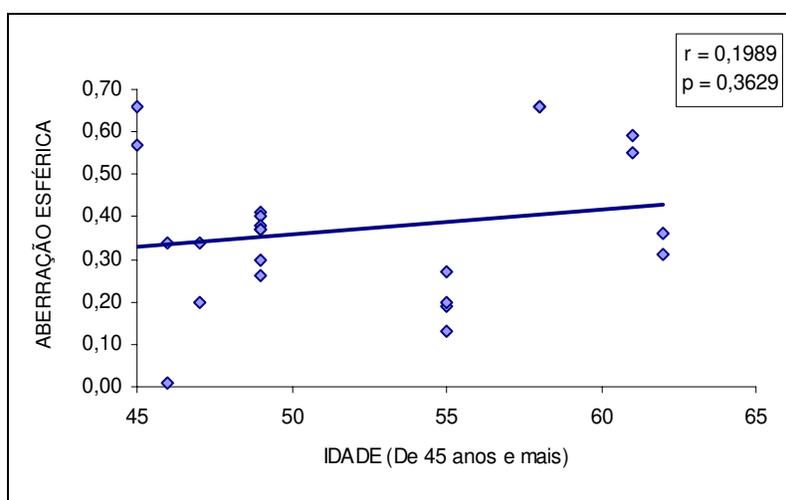


Figura 9C- Correlação entre idade e aberração esférica - 45 anos e mais (GRUPO C)

- **Outras:** foi observado uma correlação moderada com diferença significativa ($r = 0,2186$; $p = 0,0019$), ou seja, há maior concentração dos dados entre 20 e 45 anos com “outras” mais baixo (Figura 10). Na avaliação individual por grupo de idade, a melhor correlação foi observada no Grupo C ($r = -0,3137$; $p = 0,1449$), porém negativa e sem diferença significativa, no Grupo A foi observado uma probabilidade limítrofe.

As figuras 10A, 10B e 10C representam os grupos etários, respectivamente, até 30 anos, de 31 a 44 anos e 45 anos e mais.

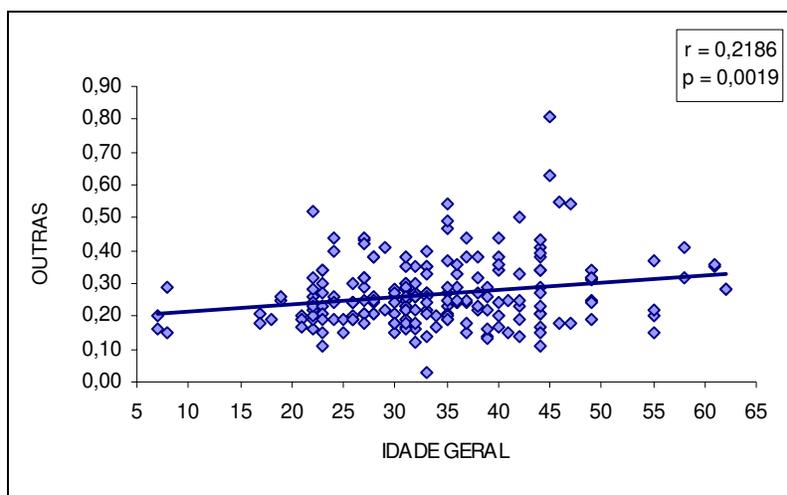


Figura 10- Correlação entre idade e outras

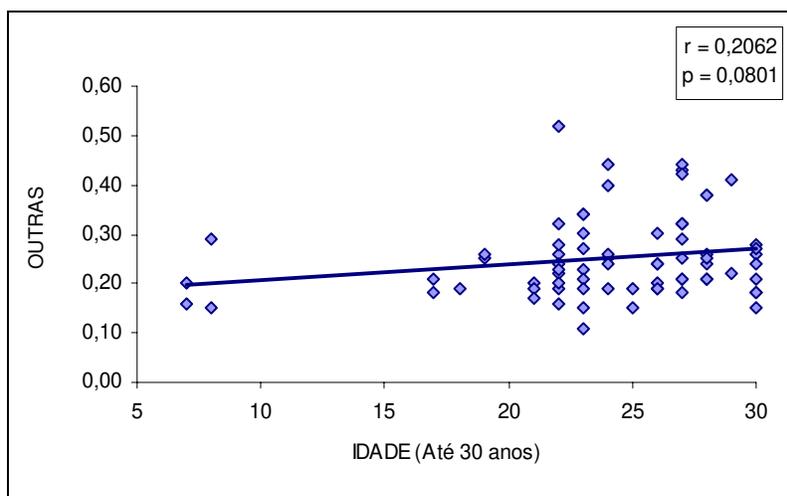


Figura 10A- Correlação entre idade e outras - até 30 anos (GRUPO A)

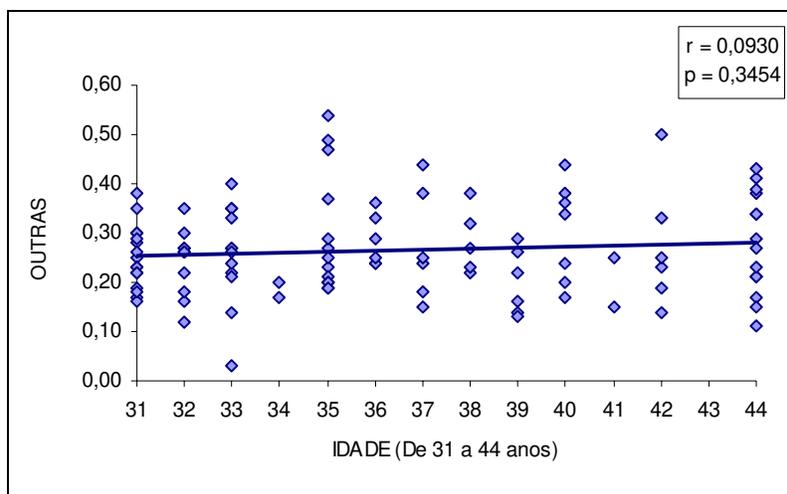


Figura 10B- Correlação entre idade e outras - 31 a 44 anos (GRUPO B)

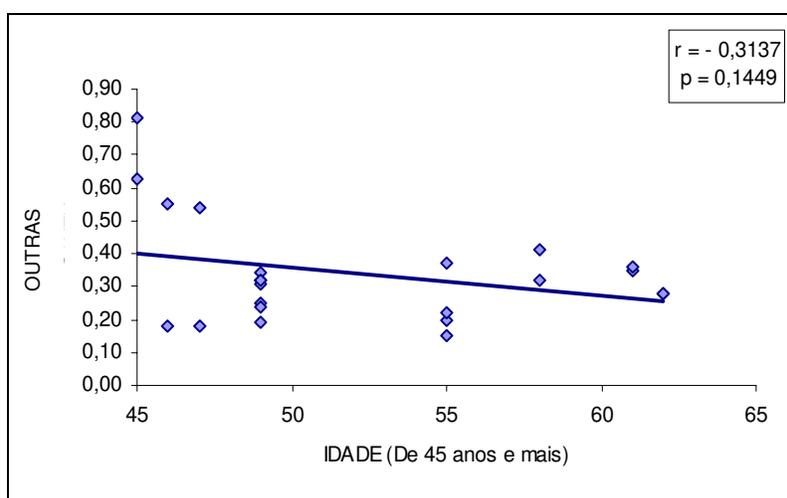


Figura 10C- Correlação entre idade e outras - 45 anos e mais (GRUPO C)

- **RMS de alta ordem:** foi observado uma correlação moderada com diferença significativa ($r= 0,3906$; $p<0,0001$), ou seja, há maior concentração dos dados entre 20 e 45 anos com RMS de alta ordem mais baixo (Figura 11). Na avaliação individual por grupo de idade, a melhor correlação com diferença significativa, foi observada no Grupo B ($r= 0,2244$; $p=0,0214$). As figuras 11A, 11B e 11C representam os grupos etários, respectivamente, até 30 anos, de 31 a 44 anos e 45 anos e mais.

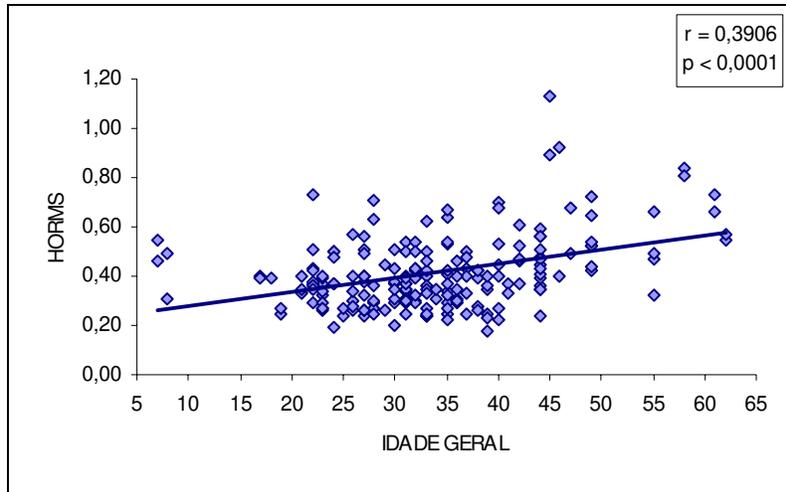


Figura 11- Correlação entre idade e *RMS* de alta ordem

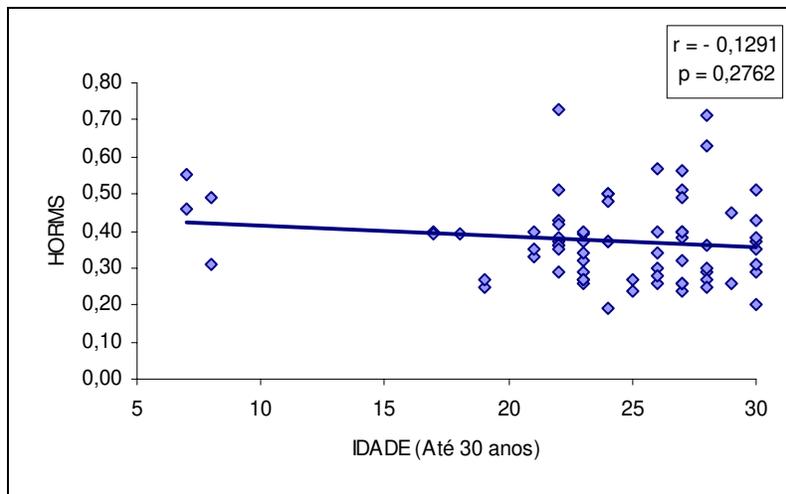


Figura 11A- Correlação entre idade e *RMS* de alta ordem - até 30 anos (GRUPO A)

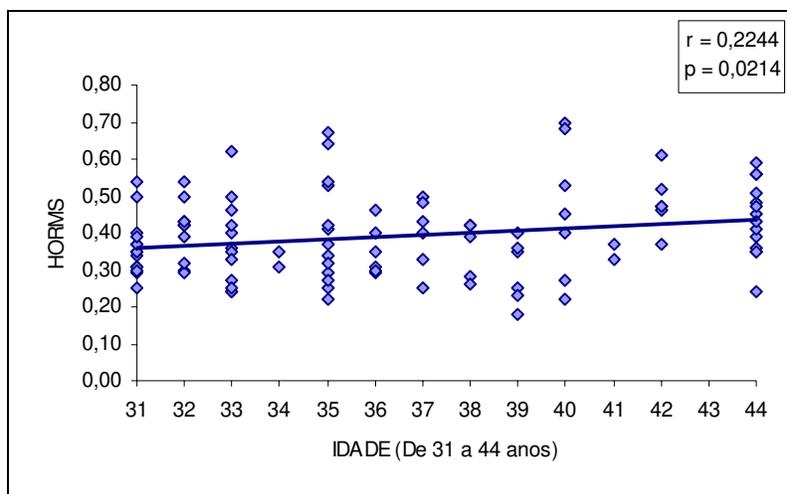


Figura 11B- Correlação entre idade e *RMS* de alta ordem - 31 a 44 anos (GRUPO B)

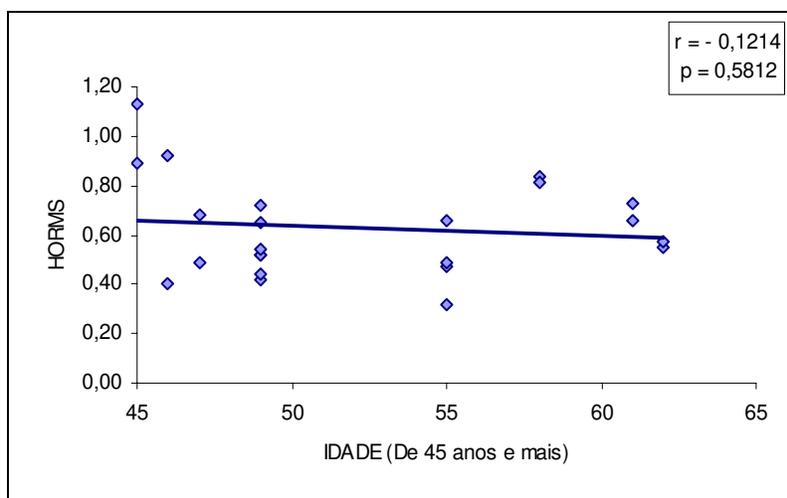


Figura 11C- Correlação entre idade e *RMS* de alta ordem - 45 anos e mais (GRUPO C)

- **Coma:** foi observado uma correlação moderada com diferença significativa ($r= 0,1780$; $p= 0,0136$), ou seja, há maior concentração dos dados entre 20 e 45 anos com coma mais baixo (Figura 12). Na avaliação individual por grupo de idade, não foi observado diferença significativa. As figuras 12A, 12B e 12C representam os grupos etários, respectivamente, até 30 anos, de 31 a 44 anos e 45 anos e mais.

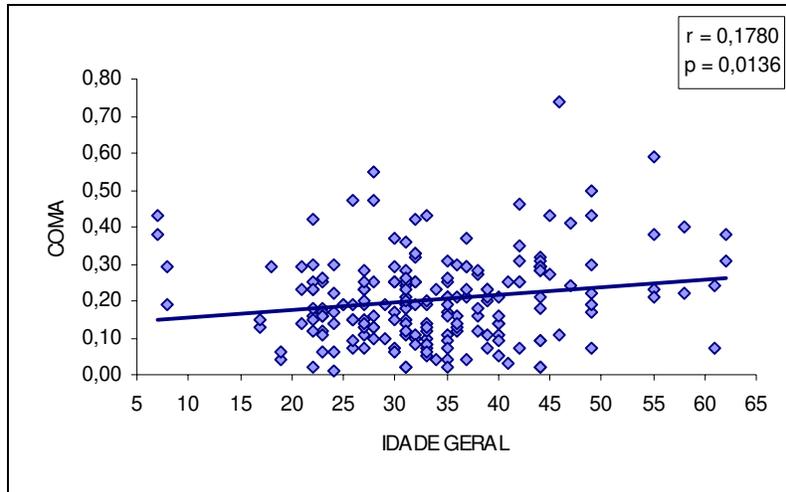


Figura 12- Correlação entre idade e coma

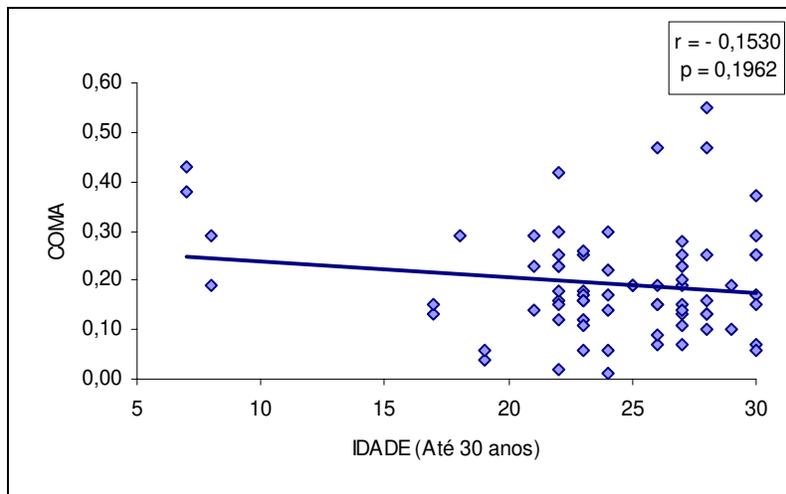


Figura 12A- Correlação entre idade e coma - até 30 anos (GRUPO A)

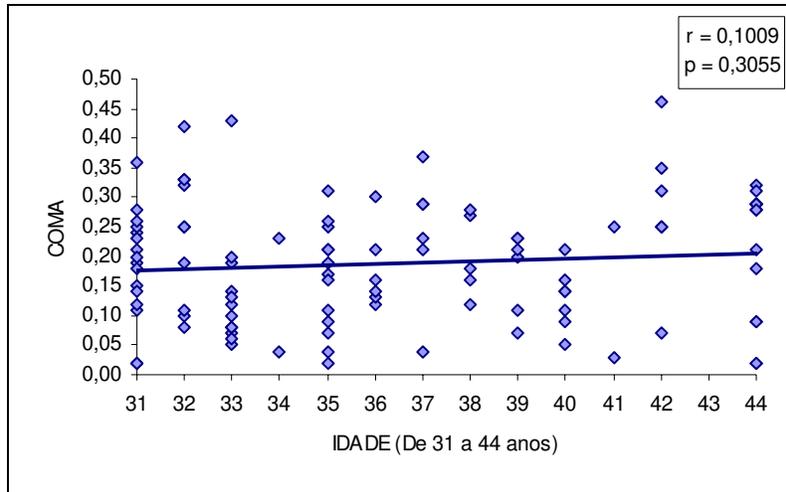


Figura 12B- Correlação entre idade e coma - 31 a 44 anos (GRUPO B)

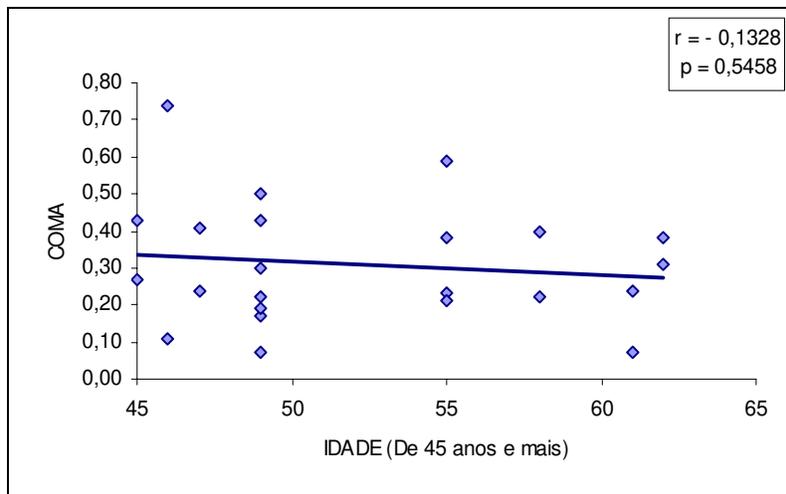


Figura 12C- Correlação entre idade e coma - 45 anos e mais (GRUPO C)

6- DISCUSSÃO

Mesmo antes da utilização da aberrometria na oftalmologia, já havia preocupação dos pesquisadores não somente com a quantidade de visão, mas sobretudo com a qualidade de visão, hoje chamada função visual. Assim, por exemplo, o teste de sensibilidade ao contraste já era utilizado como uma forma de se avaliar a visão de uma forma qualitativa. Harrison et al. em 1993 publicaram estudo onde avaliaram a sensibilidade ao contraste e glare em pessoas de meia idade com exame oftalmológico normal, concluindo com o exame de 90 pessoas entre 21 e 50 anos de idade, que havia grande diferença entre os resultados na comparação entre os pacientes distribuídos por décadas (HARRISON et al., 1993).

A propagação da cirurgia refrativa a laser ocasionou aumento do número de estudos avaliando qualidade visual. Isto ocorreu em parte devido ao elevado número de pessoas que apesar de terem uma cirurgia refrativa a laser bem sucedida do ponto de vista refracional, inclusive com acuidade visual 20/20 ao exame oftalmológico, apresentavam uma quantidade variável de queixas em relação a sua visão, como por exemplo, distorção das luzes no período noturno. Hersh et al., estudaram de forma prospectiva 220 olhos de 220 pacientes, submetidos a cirurgia refrativa a laser, que por meio de um questionário aplicado antes e 6 meses após a cirurgia, apontavam a existência e a intensidade de sintomas como halos e ofuscamento. Em relação ao ofuscamento, 35 pacientes (15,9%), apontavam piora deste sintoma após a cirurgia, enquanto 60 pacientes (27,3%), afirmaram haver piora do sintoma halo após a cirurgia (HERSH, STEINERT e BRINT, 2000).

Atualmente, os aberrômetros são adquiridos e utilizados em sua maioria, somente nas clínicas oftalmológicas que dispõem de um excimer laser para realização da chamada cirurgia refrativa personalizada. São poucos os médicos que solicitam um exame de aberrometria para investigar uma queixa visual de seu paciente, se este nunca se submeteu a nenhum procedimento cirúrgico. Talvez isto explique em parte, os raros trabalhos publicados sobre aberrometria em olhos emétopes ou não submetidos a cirurgia, quando comparado a aberrometria em olhos submetidos a cirurgia refrativa. O alto custo do aparelho e o não pagamento do exame por parte das empresas de seguro saúde e convênios médicos, são outros fatores que limitam a sua utilização a não ser na cirurgia refrativa.

Assim, mesmo dados básicos, como por exemplo, a distribuição das aberrações ópticas na população normal, são pouco conhecidos. Na literatura revisada a relação das aberrações com a idade ou erros de refração são escassos.

Neste estudo foram avaliadas as aberrações de alta ordem, de terceira a oitava ordens, na população normal, por meio dos exames de aberrometria realizados na rotina de uma clínica oftalmológica. Apesar dos critérios de inclusão e exclusão tentarem eliminar pessoas com alterações oftalmológicas que induzam aberrações de alta ordem, o simples fato destas pessoas estarem numa clínica oftalmológica realizando um exame de aberrometria solicitado pelo seu médico, seja ou não o paciente candidato a cirurgia refrativa, diferencia estas pessoas da população em geral, sendo este um viés na extrapolação dos resultados deste estudo para a população normal. Ressalta-se ainda o fato de ter-se analisado neste estudo os dois olhos do mesmo paciente para análise, fato este não desejável, mas que não impõe limitações ao estudo.

Na comparação das aberrações com os erros de refração, os grupos não apresentaram diferença significativa entre eles em relação ao sexo e a idade, fato este importante, já que a idade é um fator conhecido na indução de aberrações de alta ordem. Observa-se porém, número de olhos muito heterogêneo entre os grupos, por exemplo, o grupo 4 apresentava apenas 9 olhos, enquanto o grupo 3, 71 olhos.

A análise estatística mostrou que o grupo 5 apresentou aumento de aberração esférica, enquanto o grupo 6 aumento das aberrações denominadas "outras" e *RMS* de alta ordem (Tabela 3). Nota-se portanto que há uma possível correlação entre a hipermetropia e estas aberrações já que esses grupos representam pacientes hipermétropes. Nas figuras de correlação é interessante notar que esta tendência se mantém, pois observou-se correlação positiva significativa entre o grau esférico e aberração esférica e *rms* de alta ordem (Figuras 2 e 4). Quando analisa-se então o equivalente esférico e estas mesmas aberrações, para tentar detectar a influência do astigmatismo nestes dados, o resultado se mantém, mostrando assim, não haver influência aparente do grau cilíndrico nesta relação (Figuras 6 e 8). Ressalta-se que este aumento de aberrações nos indivíduos hipermétropes, não ocorreu por estas pessoas apresentarem mais idade, já que a

comparação entre os grupos demonstrou não haver diferença de idade significativa entre os mesmos.

Os poucos dados existentes na literatura, apontam resultados variados entre os diferentes estudos. Cheng et al. estudaram 200 olhos normais com erro refrativo entre +5 e -10 D, pupila de 6 mm, não encontrando relação entre as aberrações de alta ordem (terceira a décima ordens), e miopia ou hipermetropia, afirmando porém, que olhos astigmatas tendem a apresentar mais aberrações totais de alta ordem (CHENG, BRADLEY e THIBOS, 2003).

Paquin et al. avaliaram aberrações de alta ordem em olhos míopes (até -9,25 D), com pupila variando de 5 a 9 mm, observando em seus resultados o coma mais freqüente em altas miopias e aberração esférica em pupilas mais dilatadas. (PAQUIN, HAMAM e SIMONET, 2002) Houve porém, um número pequeno de indivíduos estudados, 27 míopes e 7 emétopes, além da grande variação pupilar, 5 a 9 mm, dificultar a análise dos resultados.

McLellan et al. analisaram 38 pessoas, com equivalente esférico entre +0,5 e -6 D, pupila de 7,32 mm, não encontrando relação entre o grau de miopia e aberrações de alta ordem (MCLELLAN, MARCOS e BURNS, 2001). Resultados diferentes são demonstrados em outros estudos como o de Simonet et al. e Marcos et al., onde encontrou-se relação positiva entre miopia e aberrações de alta ordem (SIMONET et al., 1999; MARCOS et al., 2000).

Assim, não só nenhum dos resultados observados na literatura corrobora os resultados deste estudo, como em alguns casos, apontam resultados opostos, já que neste estudo a correlação foi positiva entre olhos hipermetropes e aberração esférica e *rms* de alta ordem, diferentemente dos estudos aqui relatados que ou não encontraram nenhuma relação, ou observaram relação positiva com olhos míopes.

Fatores como pequena casuística, além de inúmeras variáveis envolvidas, como tamanho pupilar, faixas de graus a serem analisados, relação entre componente esférico e cilíndrico, entre outros, contribuem para esta falta de consenso na literatura. Estudos com maior número de indivíduos estudados poderão contribuir para um melhor entendimento da relação entre as aberrações de alta ordem e os erros de refração.

Quando comparou-se os grupos de acordo com a idade, não houve diferença significativa entre os mesmos em relação ao grau esférico-cilíndrico, o que contribui para a análise, já que se um grupo apresentasse pacientes com refração muito distinta dos demais, isto poderia ser um fator de confusão nos resultados.

Todas as variáveis, coma, aberração esférica, outras e *rms* de alta de ordem foram significativamente maiores no grupo C (45 ou mais anos), fato este apontado em vários estudos na literatura. Calver et al. observaram a relação direta entre o aumento da idade e das aberrações ópticas de alta ordem, estudando pupilas de 4 e 6 mm (CALVER, COX e ELLIOT, 1999). Artal et al., estudando as aberrações ópticas de pessoas de 20 a 70 anos de idade, utilizando sensor de Hartmann-Schack, não só demonstraram o aumento das aberrações ópticas com a idade, mas analisaram ainda as aberrações corneanas de forma separada das aberrações totais, representando todo o sistema óptico ocular. O estudo conclui que nos jovens a maior parte das aberrações é corneana, porém há uma compensação destas aberrações pelo restante do sistema óptico ocular. Nas pessoas com mais idade a córnea ainda apresenta maior quantidade de aberrações, porém, não há mais uma compensação do restante do sistema óptico, o que pode explicar a piora da função visual neste grupo de pessoas (ARTAL et al., 2002).

MacLellan et al., estudaram 38 pessoas, de 23 a 64 anos, com equivalente esférico entre +0,5 e -6 D, pupila de 7,32 mm, concluindo que as aberrações ópticas de terceira e quarta ordens são bastante variáveis em todas as idades, porém aumentam de forma consistente em idades mais avançadas. Ao analisarem as aberrações de quinta a sétima ordens, este aumento foi ainda mais pronunciado. Estes autores apontam para um fato interessante, que todos os estudos observam um aumento significativo das aberrações com a idade, porém sempre analisando pupilas dilatadas. Sabe-se porém, que com o aumento da idade há uma diminuição fisiológica do diâmetro pupilar, fato este que pode fazer com que as aberrações e conseqüentemente a qualidade de visão nas pessoas idosas quando medidas em condições fisiológicas não apresentem diferença significativa na comparação com pessoas jovens (McLELLAN, MARCOS e BURNS, 2001).

Assim, apesar de estar claro na literatura que há um aumento das aberrações ópticas de alta ordem com a idade, fato este também observado neste estudo, inúmeros outros fatores como diminuição do diâmetro pupilar com aumento da idade,

separação dos diferentes componentes do sistema óptico ocular e possíveis alterações neurológicas em pessoas com mais idade, tem que ser melhor estudadas para um melhor entendimento da função visual neste grupo de pessoas. O cruzamento de dados de outros exames como análise de sensibilidade de contraste e ofuscamento, com o aberrômetro, também poderá ajudar no melhor entendimento do assunto.

7- CONCLUSÕES

- a) houve relação positiva, estatisticamente significativa, entre hipermetropia, com e sem astigmatismo, e aberração esférica e *RMS* de alta ordem;
- b) houve relação positiva, estatisticamente significativa, entre idade e aberrações ópticas de alta ordem.

8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APPLEGATE, R.A.; SARVER, E.J.; KHEMSARA, V. Are all aberrations equal? **J Refract Surg**, v.18, n.5, S556-62, 2002.

APPLEGATE, R.A.; BALLENTINE, C.; GROSS, H.; SARVER, E.J.; SARVER, C.A. Visual acuity as a function of Zernike mode and level of root mean square error. **Optom Vis Sci**, v.80, n.2, p.97-105, 2003a.

APPLEGATE, R.A.; MARSACK, J.D.; RAMOS, R.; SARVER, E.J. Interaction between aberrations to improve or reduce visual performance. **J Cataract Refract Surg**, v.29, n.8, p.1487-95, 2003b.

ARTAL, P.; BERRIO, E.; GUIRAO, A.; PIERS, P. Contribution of the cornea and internal surfaces to the change of ocular aberrations with age. **J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis**, v.19, n.1, p.137-43, Jan. 2002.

CALVER, R.I.; COX, M.J.; ELLIOT, D.B. Effect of aging on the monochromatic aberrations of the human eye. **J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis**, v.16, n.9, p.2069-78, Sep. 1999.

CHALITA, M.R.; KRUEGER, R. Shack-Hartmann aberrometry: Historical principles and clinical applications. In: Mac RAE, S.; KRUEGER, R.; APPEL GATE, R.A.; MacRAE, S.M. **Wavefront Customized visual Correction: The Quest for Super Vision II**. Thorofare: Slack Incorporated; 2004a. p.127-130.

CHALITA, M.R.; FINKENTHAL, J.; XU, M.; KRUEGER, R.R. Ladarwave wavefront measurement in normal eyes. **J Refract Surg**, v20, n.2, p.132-8, 2004b.

CHENG, X.; BRADLEY, A.; THIBOS, L.N. relationship between refractive error and monochromatic aberrations of the eye. **Optom Vis Sci**, v.80, n.1, p.43-9, Jan. 2003.

GUIRAO, A.; REDONDO, M.; ARTAL, P. Optical aberrations of the human cornea as a function of age. **J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis**, v.17, n.10, p.1697-702, Oct. 2000.

HARRISON, J.M.; APPEL GATE, R.A.; YATES, J.T.; BALLENTINE, C. Contrast sensitivity and disability glare in the middle years. **J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis**, v.10, n.8, p.1849-55, Aug. 1993.

HERSH, P.S.; STEINERT, R.F.; BRINT, S.F. Photorefractive keratectomy versus laser in situ keratomileusis: comparison of optical side effects. Summit PRK-LASIK Study Group. **Ophthalmology**, v.107, n.5, p.925-33, May 2000.

HOWLAND, B. Use of crossed cylinder lens in photographic lens evaluation. **Applied Optics**, p.1587-1588, 1960.

HOWLAND, H.C. The history and methods of ophthalmic wavefront sensing. **J Refract Surg**, v.16, n.5, S552-3, 2000.

HOWLAND, H.C.; HOWLAND, B. A subjective method for the measurement of monochromatic aberrations of the human eye. **J Opt Soc Am**, v.67, p.1508-18, 1977.

JANKOV, M.; SCHOR, P.; CHAMON, W. Analisadores de Frente de Onda. In: ALVES, M.R.; CHAMON, W.; NOSÉ, W. **Cirurgia refrativa**. Rio de Janeiro: Cultura Médica, 2003. p.183-91.

KRUEGER, R. Wavefront-Guided Custom Ablation. In: Mac RAE, S.; KRUEGER, R.; APPLGATE, R.A. **Customized Corneal Ablation: The Quest for Super Vision**. Thorofare: Slack Incorporated, 2001. p.161-162.

LIANG, J.; GRIMM, B.; GOELZ, S.; BILLE, J.F. Objective measurement of wave aberrations of the human eye with the use of a Hartmann-Shack wave front sensor. **J Opt Soc Am A**, v.11, n.7, p.1949-57, Jul 1994.

MARCOS, S.; MORENO-BARRIUSO, E.; LIORENTE, L.; NAVARRO, R.; BARBARO, S. Do myopic eyes suffer from large amounts of aberration? **Proceedings of the VIII International Congresso in Myopia**, n.8, p.118-121, 2000.

MATSUSHIMA, E.H.; RIBEIRO FILHO, N.P.; SILVA, J.A. Limites da percepção visual humana. In: ALVES, M.R.; CHAMON, W.; NOSÉ, W. **Cirurgia refrativa**. Rio de Janeiro: Cultura Médica, 2003. p.87-94.

McLELLAN, J.S.; MARCOS, S.; BURNS, A.S. Age related changes in monochromatic wave aberrations of the human eye. **Invest Ophthalmol Vis Sci**, v.42, n.6, p.1390-5, May 2001.

MROCHEN, M.; KAEMMERER, M.; MIERDEL, P.; KRINKE, H.E.; SEILER, T. Principles of Tscherning aberrometry. **J Refract Surg**, v.16, S570-1, 2000.

NETTO, M.V.; AMBROSIO, R. Jr.; SHENN, T.T.; WILSON, S.E. Wavefront analysis in normal refractive surgery candidates. **J Refract Surg**, v.21, n.4, p.332-8, 2005.

PAQUIN, M-P.; HAMAM, H.; SIMONET, P. Objective measurerent of optical aberrations in myopic eyes. **Optometry & Vision Science**, v.79, n.5, p.285-91, May 2002.

PLATT, B.C.; SCHACK, R. History and principles of Schack-Hartmann wavefront sensing. **J Refract Surg**, v.17, n.5, p.S573-7, 2001.

PORTER, J.; GUIRAO, A.; COX, I.G.; WILLIANS, D.R. Monochromatic aberrations of the human eye in a large population. **J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis**, v.18, n.8, p.1793-803, 2001.

SHACK, R.V.; PLATT, B. Production and use of a lenticular Hartmann screen. **J Opt Soc Am**, v.61, p.656, 1971.

SIMONET, P.; HAMAM, H.; BRUNETTE, I.; CAMPBELL, M. Influence of ametropia on the optical quality of the human eye [ARVO Abstract]. **Invest Ophthalmol Vis Sci**, v.40, n.4, S448, 1999 (Abstract nr 2361).

THIBOS, L.N.; APPLGATE, R.A. Assessment of Optical Quality. In: MacRAE, S.M.; KRUEGER, R.R.; APPLGATE, R.A. **Customized Corneal Ablation**. Thorofare (NJ): SLACK Incorporated, 2001. p.67-79.

THORN, F.; HE, J.C.; THORN, S.J.; HELD, R.; GWIAZDA, J. The vision of myopic children: how wavefront aberrations alter the retinal image of school book text. **Ophthalmic Physiol Opt**, v.25, n.4, p. 285-301, 2000.

TSCHERNING, M. Die monochromatischen aberrationene des menschlichen. **Auges Z Psychol Sinne**, v.6, p.456-71, 1894.

URBANO, A.P.; LEAL, M. Princípios da análise das aberrações oculares. In: URBANO, A.P. **Wavefront: cirurgia personalizada**. Rio de Janeiro: Cultura Médica, 2006. p.81-98.

WALSH, G.; CHARMAN, W.N. Measurement of the axial wavefront aberration of the human eye. **Ophthalmic Physiol Opt**, v.5, n.1, p.23-31, 1985.

WALSH, G.; COX, M.J. A new computerised video-aberroscope for the determination of the aberration of the human eye. **Ophthalmic Physiol Opt**, v.15. n.5, p.403-8, Sep.1995.

WANG, L.; KOCH, D.D. Ocular higher-order aberrations in individuals screened for refractive surgery. **J Cataract Refract Surg**, v.29, n.10, p.1896-903, 2003.

WILLIAMS, D.R.; YOON, G.Y.; GUIRAO, A.; HOFER, H.; PORTER, J. How far can we extend the limits of human vision. In: Mac ERA, S.; KRUEGER, R.; APPLGATE, R.A. **Customized Corneal Ablation: The Quest for Super Vision**. Thorofare: Slack Incorporated, 2001. p.11-38.

9- ANEXO



**FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA**

✉ Caixa Postal 6111, 13083-970 Campinas, SP

☎ (0_19) 3788-8936

FAX (0_19) 3788-7187

🌐 www.fcm.unicamp.br/pesquisa/etica/index.html

✉ cep@fcm.unicamp.br

CEP, 05/09/05.
(Grupo III)

PARECER PROJETO: N° 283/2005
CAAE: 0605.0.000.146-05

I-IDENTIFICAÇÃO:

PROJETO: “ABERRAÇÕES DE ALTA ORDEM: INFLUÊNCIA DA IDADE E DE VÍCIOS DE REFRAÇÃO”

PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Otávio Siqueira Bisneto

INSTITUIÇÃO: Hospital de Olhos do Paraná – Curitiba-Paraná

APRESENTAÇÃO AO CEP: 09/06/05

APRESENTAR RELATÓRIO EM: 23/08/06

II - OBJETIVOS

Verificar a relação entre aberrações de alta ordem e de baixa ordem de acordo com o vício de refração e de acordo com a idade.

III - SUMÁRIO

Serão analisados retrospectivamente os exames de aberrometria realizados de abril de 2004 a abril de 2005 em pacientes adultos, de ambos os sexos, no Hospital de Olhos do Paraná. Os pacientes são portadores de aberrações visuais de alta ordem: coma, aberração esférica e outras.

IV - COMENTÁRIOS DOS RELATORES

O projeto está descrito adequadamente. Por se tratar de estudo retrospectivo, pode-se dispensar a aplicação ao paciente do termo de consentimento.

V - PARECER DO CEP

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP, após acatar os pareceres dos membros-relatores previamente designados para o presente caso e atendendo todos os dispositivos das Resoluções 196/96 e complementares, resolve aprovar sem restrições o Protocolo de Pesquisa, bem como ter aprovado todos os anexos incluídos na Pesquisa supracitada.

O conteúdo e as conclusões aqui apresentados são de responsabilidade exclusiva do CEP/FCM/UNICAMP e não representam a opinião da Universidade Estadual de Campinas nem a comprometem.

VI - INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 196/96 – Item IV.1.f) e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (Item IV.2.d).

Pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS Item III.1.z), exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade do regime oferecido a um dos grupos de pesquisa (Item V.3.).

O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS Item V.4.). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.

Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projeto do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma junto com o parecer aprovatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial (Res. 251/97, Item III.2.e)

Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, de acordo com os prazos estabelecidos na Resolução CNS-MS 196/96.

VII - DATA DA REUNIÃO

Homologado na VIII Reunião Ordinária do CEP/FCM, em 23 de agosto de 2005.


Prof. Dr.ª Carmen Silvia Bertuzzo
PRESIDENTE DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
FCM / UNICAMP