

Óptica aplicada à melhoria da qualidade de visão em cirurgia refrativa

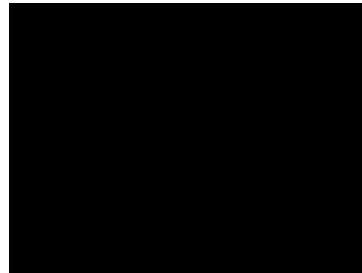
Paulo Schor, MD, PhD.
Professor Afiliado Livre-docente e Oftalmologista
Universidade Federal de São Paulo - EPM

Segurança
Estabilidade
Previsibilidade
Precisão

- Fase I do FDA
- Mais Importante Sempre
- *Non Nocere*
- Perda de Linhas com a Melhor Correção Visual
- Lente de Contato Rígida “mede” Potencial Visual Extra-Irregularidades Corneanas



- **Seguimento Longo (Anos)**
- **Definir Oscilação Patológica**
- **Parâmetro Confiável e Reprodutível para Medida**



- **Variáveis Associadas**
 - O que não é Previsível não pode ser Preciso
 - O que não é Preciso não pode ser Previsível
- **Desvio do Esperado**





Segurança
Estabilidade
Previsibilidade
Precisão

paulo@55812020.net

Um procedimento Preciso
Exatidão de Cálculos
Funcionamento sem Falhas
Regularidade de Execução

Leva a um resultado Previsível
Profetizar
Prognosticar
Ver Antecipadamente



Segurança
Estabilidade
Previsibilidade
Precisão

paulo@55812020.net

Críticas e Limitações

Segurança e Eficácia são testes cognitivos, dependentes do processamento cerebral e portanto não objetivos

Previsibilidade e Estabilidade são baseados em médias que não refletem o correto estado refrativo ocular, e nem a optica fisiológica do olho.

Cirurgia Refrativa

Previsibilidade

Número de Olhos entre

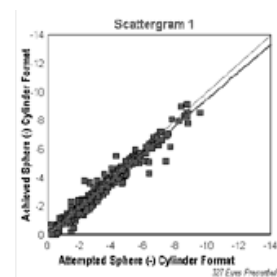
+/- 0,50 Desf

+/- 0,75 Desf

+/- 1,00 Desf

Precisão

Gráfico de Dispersão



Medidas Objetivas vs. Visão

- **Equivalente Esférico (Média Numérica)**
- **Análise Vetorial do Astigmatismo (Aberrações de Baixa Ordem)**
- **Aberrações Individuais (Didática)**
- **Rms-H (Aberrações de Alta ordem)**
- **Point Spread Function (Simulações Extra-cerebrais)**
- **Acuidade Visual (Cognitivo)**
- **Questionários (Percepção)**

Análise de esferas

Rx 1: -2.00 Sph

Análise de esferas

Rx 1: -2.00 Sph

Rx 2: -3.00 Sph

Análise de esferas

Rx 1: -2.00 *Sph*

Rx 2: -3.00 *Sph*

Soma?

Média?

Diferença?

Análise de esferas

Rx 1: -2.00 *Sph*

Rx 2: -3.00 *Sph*



mesma unidade

Soma!

Média!

Diferença!

Análise de esferas

Rx 1: -2.00 Sph
Rx 2: -3.00 Sph

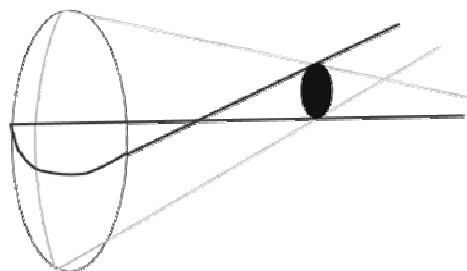
→ → mesma unidade

Soma -5.00 Sph
Média -2.50 Sph
Diferença 1.00 Sph

↓

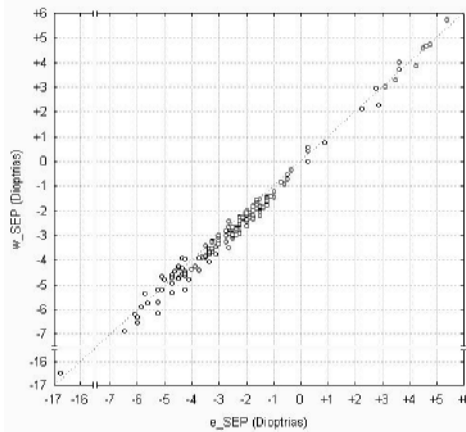
Equivalente Esférico

- Esfera Total +
Metade do Cilindro
- Baseado no círculo
de menor confusão
- Conóide de Sturm



Problema Tri-dimensional entendido como Uni-dimensional

Dispersão do Equivalente Esférico



+2,00 / -3,00 x180
+2,00 / -3,00 x 90
+0,50

paulo@55812020.net

Análise de esferas e cilindros isoladamente

(Refractive Surgery Consultant™ Elite)

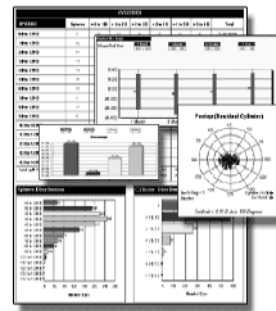
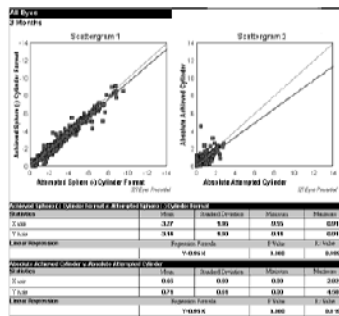
www.refractiveconsultant.com



Jack T. Holladay, MD, MSEE



Guy M. Kezirian, MD, FACS

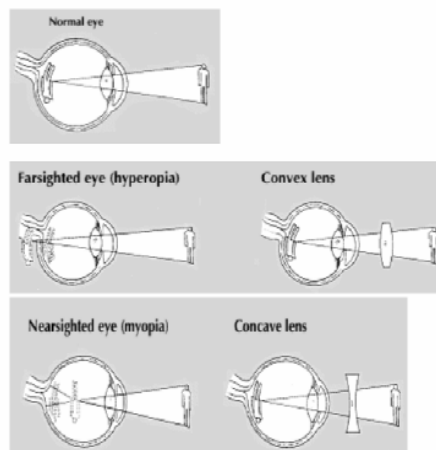


paulo@55812020.net

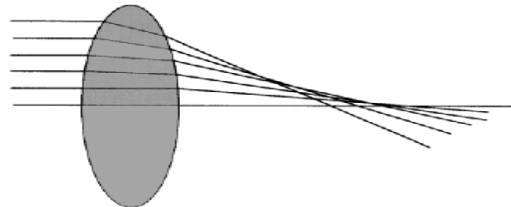
Medidas Objetivas vs. Visão

- Equivalente Esférico (Média Numérica)
- Análise Vetorial do Astigmatismo (Aberrações de Baixa Ordem)
- Aberrações Individuais (Didática)
- Rms-H (Aberrações de Alta ordem)
- Point Spread Function (Simulações Extra-cerebrais)
- Acuidade Visual (Cognitivo)
- Questionários (Percepção)

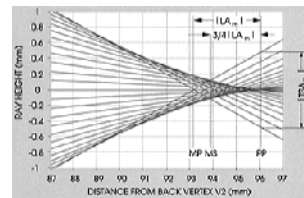
Aberrações Oculares Clássicas



Outras Aberrações



Spherical Aberration

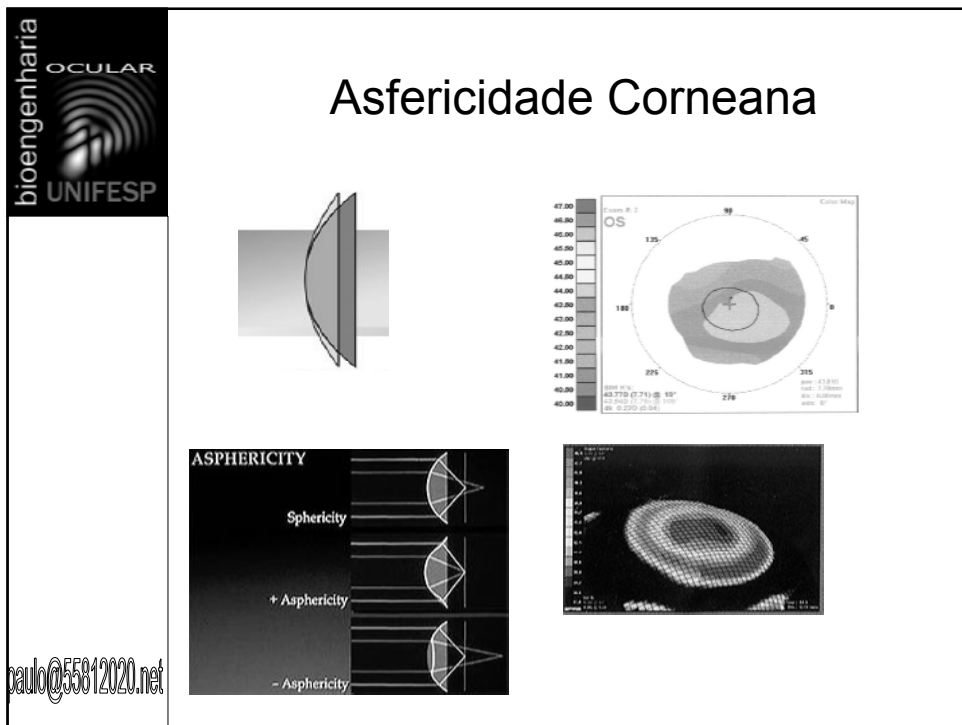
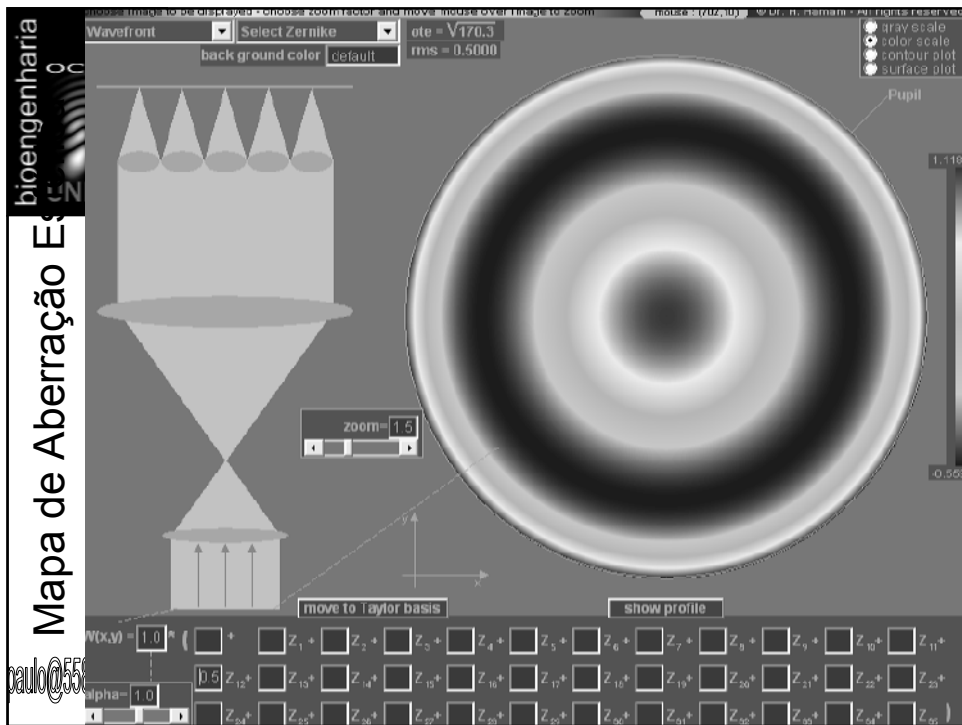


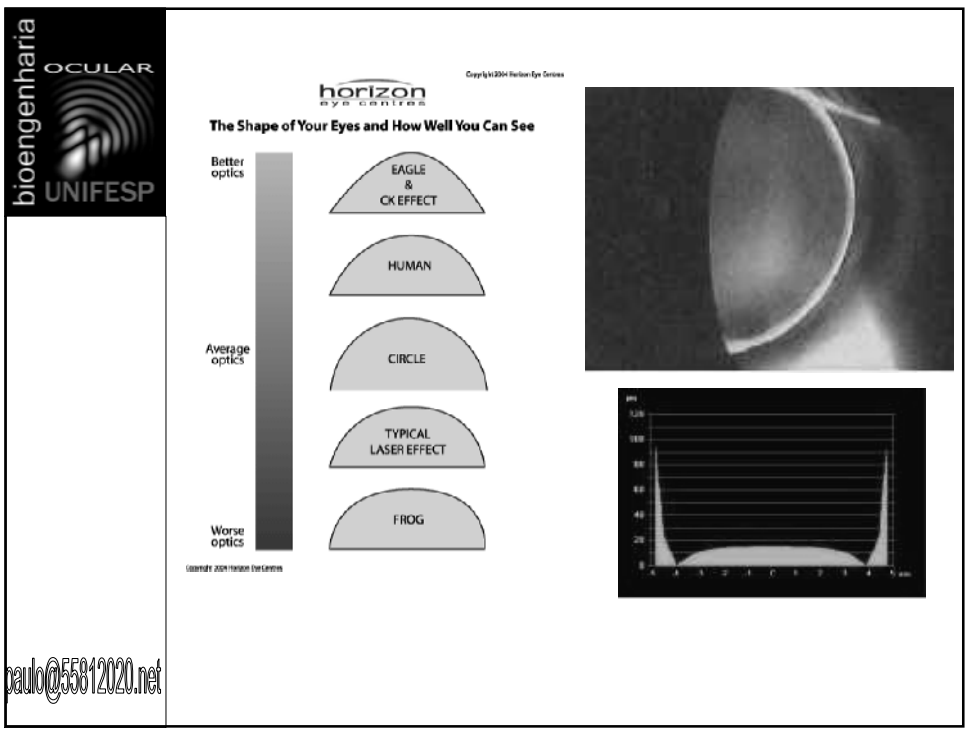
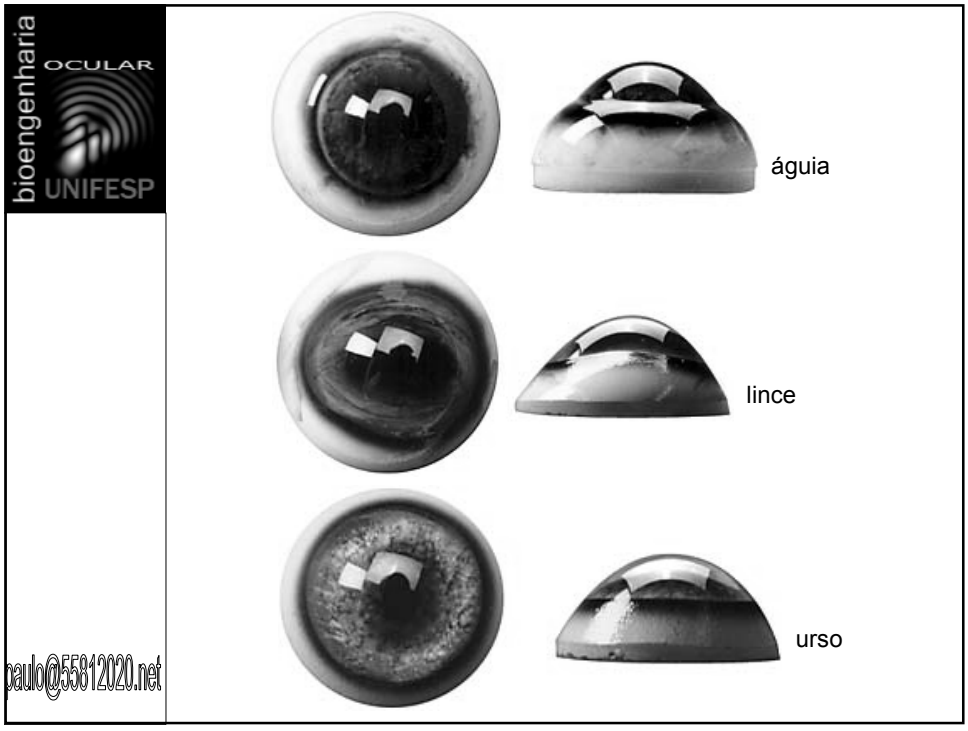
paulo@55812020.net



Lente Esférica de 20D

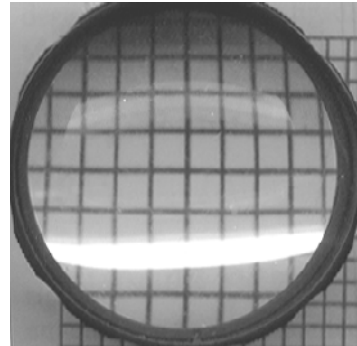
paulo@55812020.net





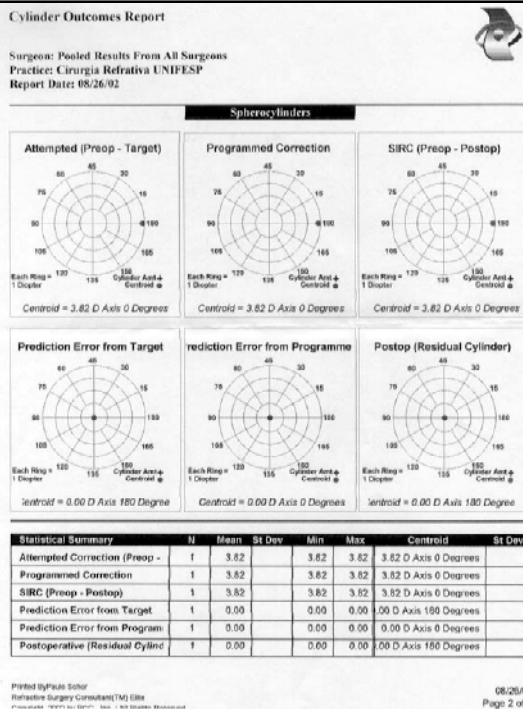


Lente Esférica de 20D



Lente Asférica de 20D

paulo@55812020.net



0,00 Desf / - 4,00 Dcyl x 90 °

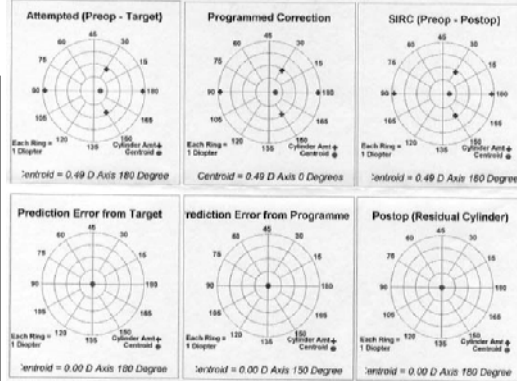
paulo@55812020.net

Cylinder Outcomes Report

Surgeon: Pooled Results From All Surgeons
Practice: Cirurgia Refrativa UNIFESP
Report Date: 08/26/02



SpheroCylinders



Statistical Summary	N	Mean	St Dev	Min	Max	Centroid	St Dev
Attempted Correction (Preop -	4	2.88	1.08	1.95	3.82	49 D Axis 180 Degrees	2.09
Programmed Correction	4	2.88	1.08	1.95	3.82	49 D Axis 0 Degrees	2.09
SIRC (Preop - Postop)	4	2.88	1.08	1.95	3.82	49 D Axis 180 Degrees	2.09
Prediction Error from Target	4	0.00	0.00	0.00	0.00	00 D Axis 180 Degrees	0.00
Prediction Error from Program	4	0.00	0.00	0.00	0.00	00 D Axis 150 Degrees	0.00
Postoperative (Residual Cylind	4	0.00	0.00	0.00	0.00	00 D Axis 180 Degrees	0.00

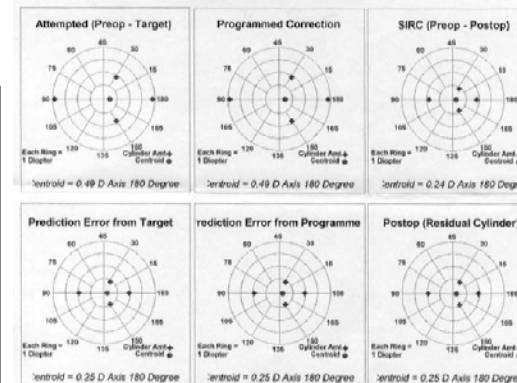
0,00 Desf / - 4,00 Dcyl x 90 °
 0,00 Desf / - 4,00 Dcyl x 180 °
 0,00 Desf / - 2,00 Dcyl x 60 °
 0,00 Desf / - 2,00 Dcyl x 120 °

Cylinder Outcomes Report

Surgeon: Pooled Results From All Surgeons
Practice: Cirurgia Refrativa UNIFESP
Report Date: 08/26/02



SpheroCylinders



Statistical Summary	N	Mean	St Dev	Min	Max	Centroid	St Dev
Attempted Correction (Preop -	4	2.88	1.08	1.95	3.82	49 D Axis 180 Degrees	2.09
Programmed Correction	4	2.88	1.08	1.95	3.82	49 D Axis 180 Degrees	2.09
SIRC (Preop - Postop)	4	1.41	0.52	0.90	1.96	24 D Axis 180 Degrees	1.03
Prediction Error from Target	4	1.47	0.50	0.99	1.95	25 D Axis 180 Degrees	1.06
Prediction Error from Program	4	1.47	0.50	0.99	1.95	25 D Axis 180 Degrees	1.06
Postoperative (Residual Cylind	4	1.47	0.50	0.99	1.95	25 D Axis 180 Degrees	1.06

0,00 Desf / - 4,00 Dcyl x 90 °
 0,00 Desf / - 4,00 Dcyl x 180 °
 0,00 Desf / - 2,00 Dcyl x 60 °
 0,00 Desf / - 2,00 Dcyl x 120 °

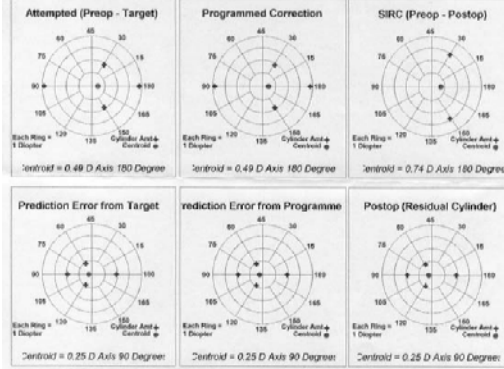
**Resultado
=
Hipocorreção**

Cylinder Outcomes Report

Surgeons: Pooled Results From All Surgeons
Practice: Cirurgia Refrativa UNIFESP
Report Date: 08/26/02



Spherocylinders



Statistical Summary	N	Mean	St Dev	Min	Max	Centroid	St Dev
Attempted Correction (Preop -	4	2.85	1.08	1.95	3.82	49 D Axis 180 Degrees	2.09
Programmed Correction	4	2.85	1.08	1.95	3.82	49 D Axis 180 Degrees	2.09
SIRC (Preop - Postop)	4	4.30	1.63	2.94	5.77	74 D Axis 180 Degrees	3.16
Prediction Error from Target	4	1.47	0.56	0.99	1.95	25 D Axis 90 Degrees	1.06
Prediction Error from Program	4	1.47	0.56	0.99	1.95	25 D Axis 90 Degrees	1.06
Postoperative (Residual Cylind	4	1.47	0.56	0.99	1.95	25 D Axis 90 Degrees	1.06

Printed By Paulo Scher
Refractive Surgery Consultants, 195 Elm
Princeton, NJ 08540

08/26/02
Page 2 of 2

Pré Operatório

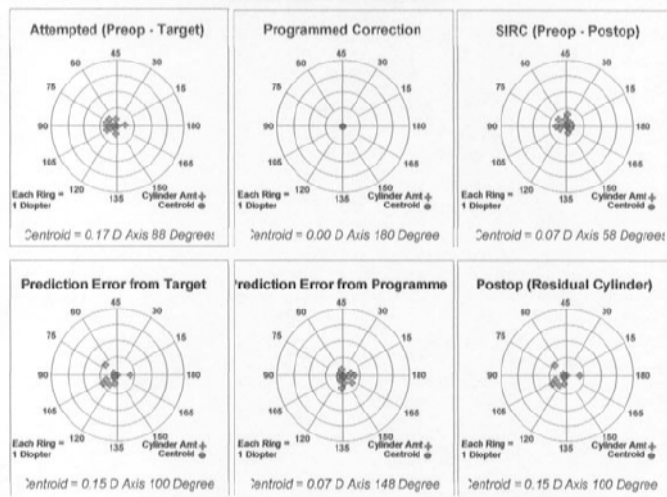
0,00 Desf / - 4,00 Dcyl x 90 °
 0,00 Desf / - 4,00 Dcyl x 180 °
 0,00 Desf / - 2,00 Dcyl x 60 °
 0,00 Desf / - 2,00 Dcyl x 120 °

Pós Operatório

0,00 Desf / - 2,00 Dcyl x 180 °
 0,00 Desf / - 2,00 Dcyl x 90 °
 0,00 Desf / - 1,00 Dcyl x 150 °
 0,00 Desf / - 1,00 Dcyl x 30 °

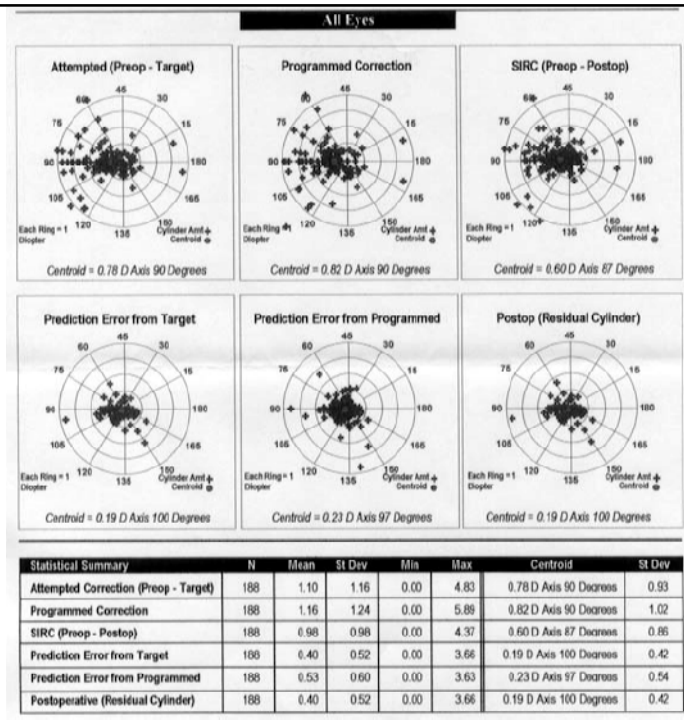
paulo@55812020.net

Spheres



Statistical Summary	N	Mean	St Dev	Min	Max	Centroid	St Dev
Attempted Correction (Preop -	22	0.26	0.29	0.00	0.73	17 D Axis 88 Degrees	0.24
Programmed Correction	22	0.00	0.00	0.00	0.00	00 D Axis 180 Degrees	0.00
SIRC (Preop - Postop)	22	0.24	0.25	0.00	0.75	07 D Axis 58 Degrees	0.24
Prediction Error from Target	22	0.26	0.36	0.00	1.01	15 D Axis 100 Degrees	0.29
Prediction Error from Program	22	0.24	0.25	0.00	0.75	07 D Axis 148 Degrees	0.24
Postoperative (Residual Cylind	22	0.26	0.36	0.00	1.01	15 D Axis 100 Degrees	0.29

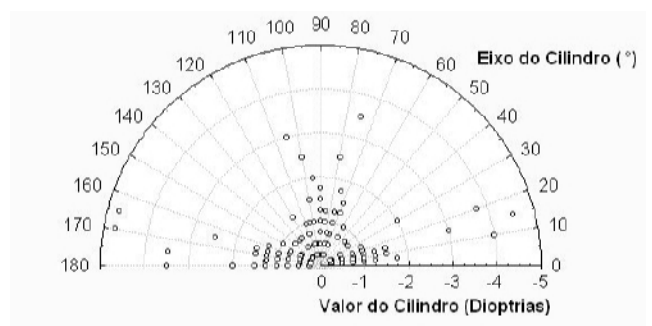
paulo@55812020.net



paulo@55812020.net

Problema Tri-dimensional entendido como Bi-dimensional

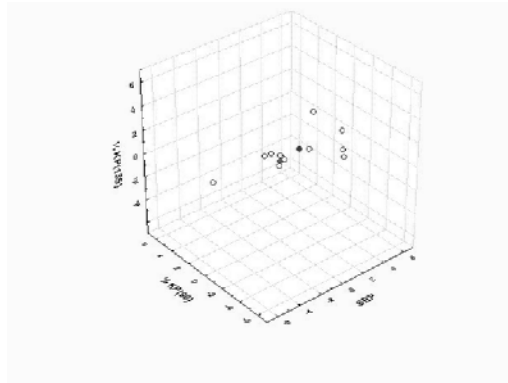
**Análise vetorial RSC não
leva em conta a esfera...**



paulo@55812020.net

Solução científica

Problema Tri-dimensional entendido como tri-dimensional



paulo@55812020.net

Análise de esfero-cilindros

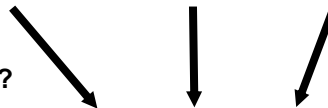
Rx 1: -0.25 Sph -0.75 Cyl @ 119°

Rx 2: -0.25 Sph -1.00 Cyl @ 120°

Soma?

Média?

Diferença?



Unidades diferentes

paulo@55812020.net

Análise de esfero-cilindros

Rx 1: $-0.25 \text{ Sph} -0.75 \text{ Cyl @ } 119^\circ$

Rx 2: $-0.25 \text{ Sph} -1.00 \text{ Cyl @ } 120^\circ$

Solução: Conversão numa unidade chamada “power vector”

Power Vector

Cada refração pode ser dividida em três variáveis a saber:

Equivalente esférico

Astigmatismo a @ 090°

Astigmatismo a @ 135°

Análise de esfero-cilindros

Rx 1: $-0.25 \text{ Sph } -0.75 \text{ Cyl @ } 119^\circ$
[-0.63, 0.20, 0.32]

Rx 2: $-0.25 \text{ Sph } -1.00 \text{ Cyl @ } 120^\circ$
[-0.75, 0.25, 0.44]

mesma unidade



Análise de esfero-cilindros

Rx 1: $-0.25 \text{ Sph } -0.75 \text{ Cyl @ } 119^\circ$
[-0.63, 0.20, 0.32]

Rx 2: $-0.25 \text{ Sph } -1.00 \text{ Cyl @ } 120^\circ$
[-0.75, 0.25, 0.44]

Diferença: [0.12, -0.05, -0.12]

$0.25 \text{ Sph } -0.26 \text{ Cyl @ } 034^\circ$

Análise de esfero-cilindros

Refração Pós-operatória

Paciente #1 -0.25 Sph -0.50 Cyl @ 010°

Paciente #2 +0.25 Sph -0.25 Cyl @ 170°

Paciente #3 -0.50 Sph

...

Paciente #147 +0.50 Sph -0.75 Cyl @ 050°

Análise de esfero-cilindros

Refração Pós-operatória

Paciente #1 -0.25 Sph -0.50 Cyl @ 010°

Paciente #2 +0.25 Sph -0.25 Cyl @ 170°

Paciente #3 -0.50 Sph

...

Paciente #147 +0.50 Sph -0.75 Cyl @ 050°

Média ??

Análise de esfero-cilindros

Refração Pós-operatória

Paciente #1 -0.25 Sph -0.50 Cyl @ 010°

Paciente #2 +0.25 Sph -0.25 Cyl @ 170°

Paciente #3 -0.50 Sph

...

Paciente #147 +0.50 Sph -0.75 Cyl @ 050°

Média 0.00 Sph -0.37 Cyl @ 0??°

Errado !!!

Análise de esfero-cilindros

Refração Pós-operatória

Paciente #1 -0.25 Sph -0.50 Cyl @ 010°

Paciente #2 +0.25 Sph -0.25 Cyl @ 170°

Paciente #3 -0.50 Sph

...

Paciente #147 +0.50 Sph -0.75 Cyl @ 050°

Média -0.19 Sph -0.06 Cyl @ 015°

Correto !!!

Estatística dos esfero-cilindros

Média -0.19 *Sph* -0.06 *Cyl* @ 15°

Essa média é diferente de zero?

Estatística dos esfero-cilindros

Média -0.19 *Sph* -0.06 *Cyl* @ 15°

Essa média é diferente de zero?

Hotelling T2 = 99.253

F (3,144) = 33.631

P = 0.085

Estatística dos esfero-cilindros

Média -0.19 Sph -0.06 Cyl @ 15°

Essa média é diferente de zero?

Hotelling T2 = 99.253

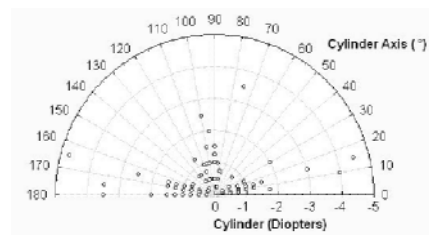
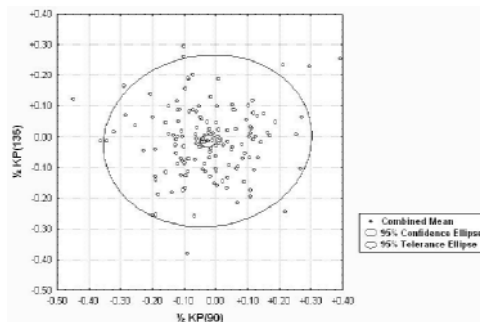
F (3,144) = 33.631

P = 0.085

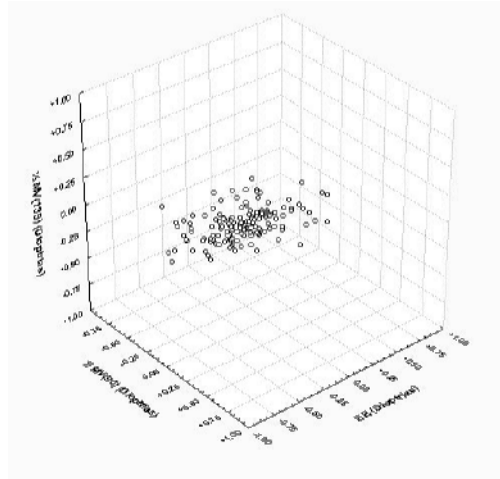
Não, não é diferente !!

paulo@55812020.net

Análise bidimensional do astigmatismo (Refractive Surgery Consultant®)



Análise tri-dimensional dos esfero-cilindros



paulo@55812020.net

Medidas Objetivas vs. Visão

- **Equivalente Esférico (Média Numérica)**
- **Análise Vetorial do Astigmatismo (Aberrações de Baixa Ordem)**
- **Aberrações Individuais (Didática)**
- **Rms-H (Aberrações de Alta ordem)**
- **Point Spread Function (Simulações Extra-cerebrais)**
- **Acuidade Visual (Cognitivo)**
- **Questionários (Percepção)**

paulo@55812020.net

Qual a dimensionalidade do “problema” Visão ?



Aberrometria é o exame das características (aqui denominadas aberrações) das lentes, no caso o sistema de lentes do olho humano

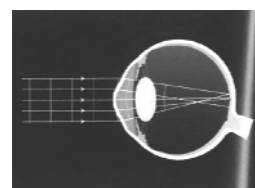
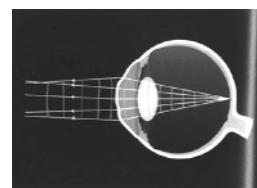
Aberrometria

Analisa o Reflexo Vermelho
Na realidade, toda sua Área
Tem como limitador, a Pupila
E depende da Transparência dos meios



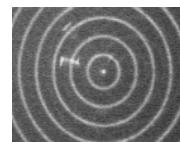
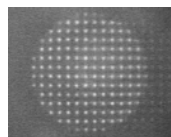
paulo@55812020.net

Varredura luminosa intra-ocular

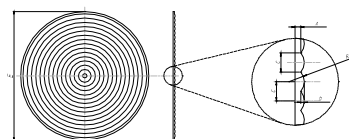


Tschering (entrada)

Hartmann-shack (saída)



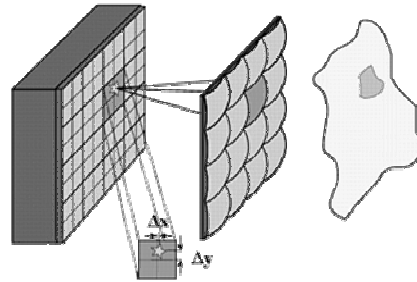
Castro (saída)



paulo@55812020.net

Princípios do Funcionamento

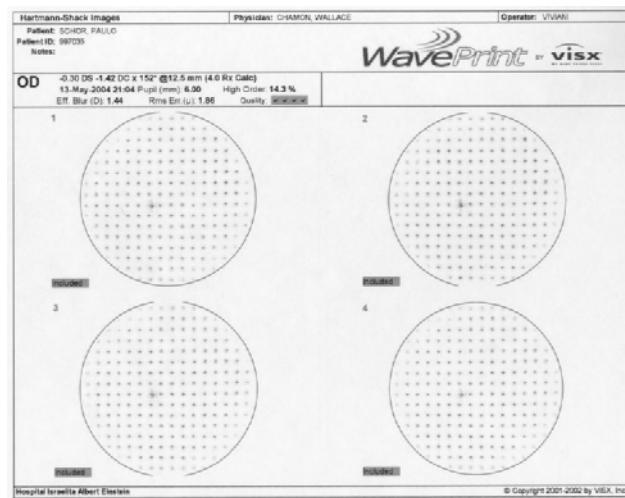
Compara sua **Distribuição**
com a normalidade
Normalidade = Frente de
Onda **Plana**



paulo@55812020.net

Princípios do Funcionamento

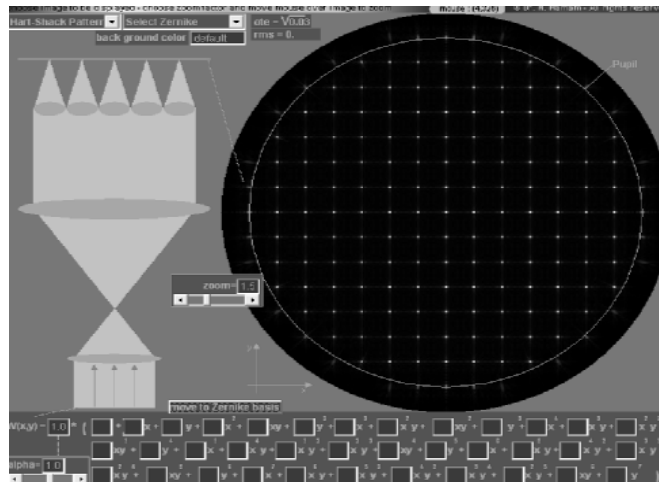
Produz uma **Matriz de Pontos**



paulo@55812020.net

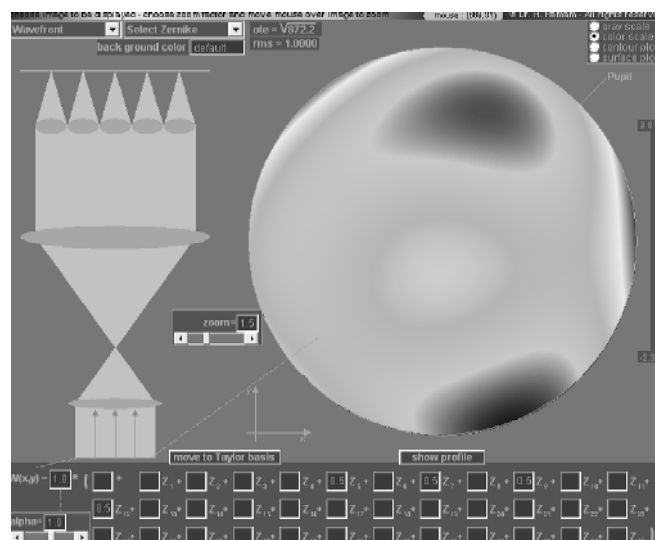
Princípios do Funcionamento

Análise computadorizada da dispersão dos pontos



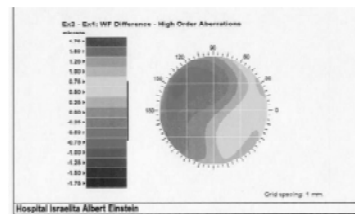
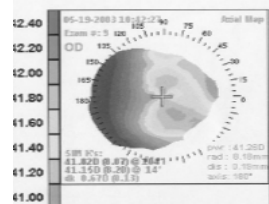
paulo@55812020.net

Montagem de mapa de cores



paulo@55812020.net

A aberrometria ou análise de frentes de onda avalia todas as lentes do olho humano. A lente mais poderosa é a córnea porque separa ar de água. A aberrometria é altamente influenciada pela córnea.

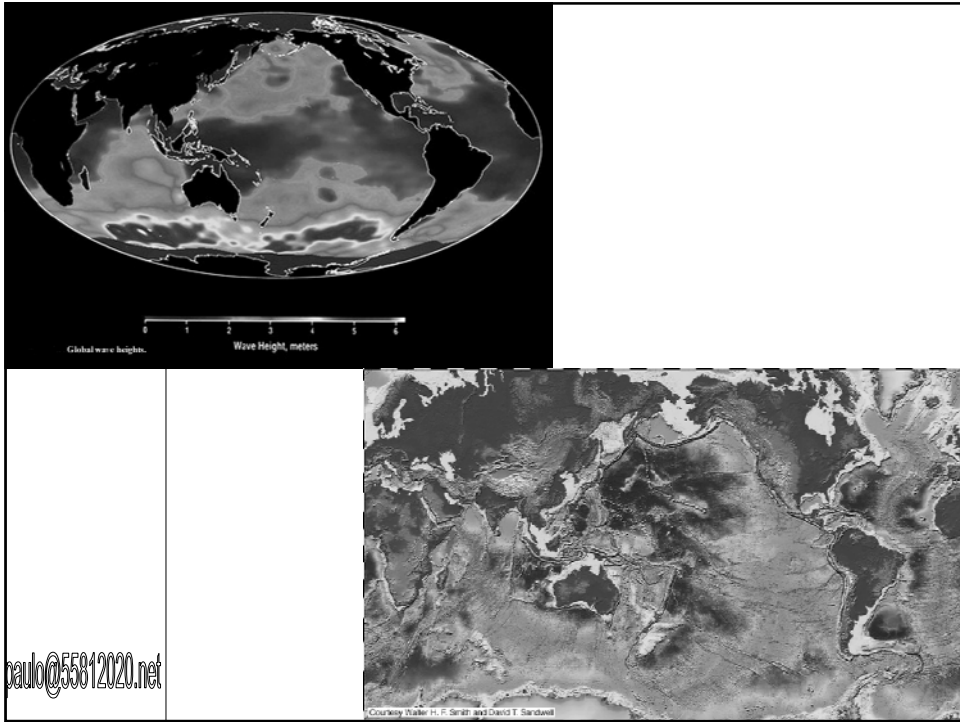


paulo@55812020.net

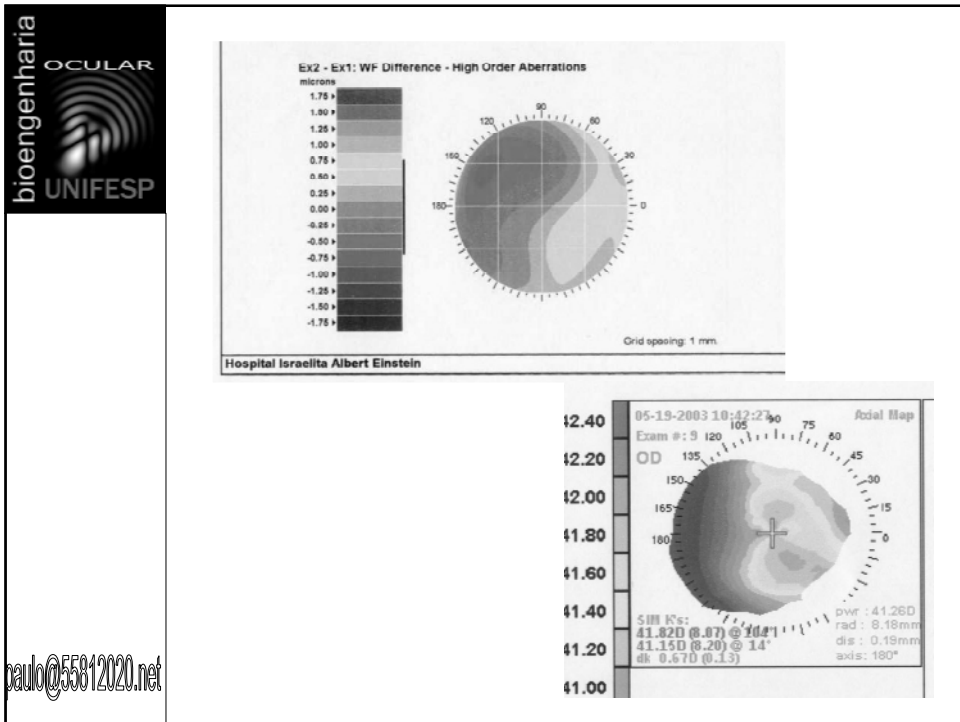
A luz é Onda.

As Frentes de Onda
tem Relação Direta
com a Forma da
Superfície Anterior da
Córnea.

paulo@55812020.net

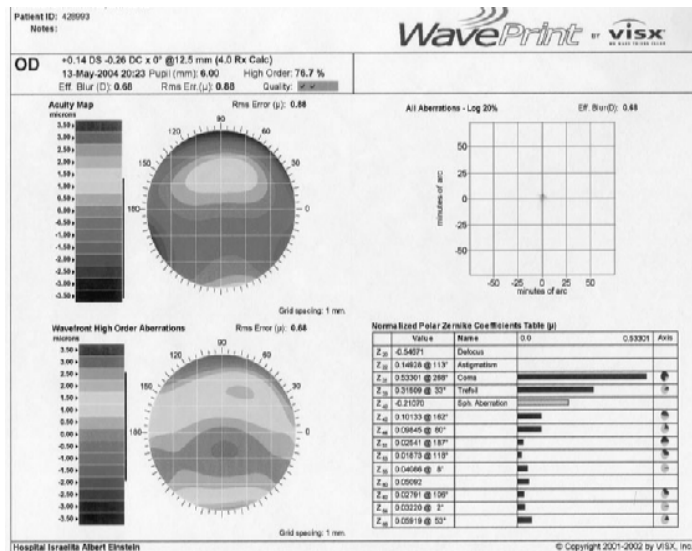


paulo@55812020.net



paulo@55812020.net

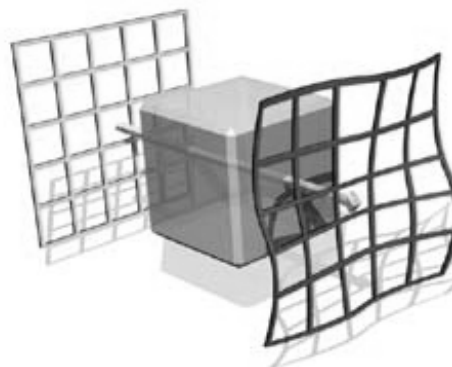
Medidas Isoladas das Aberrações de Alta Ordem



paulo@55812020.net

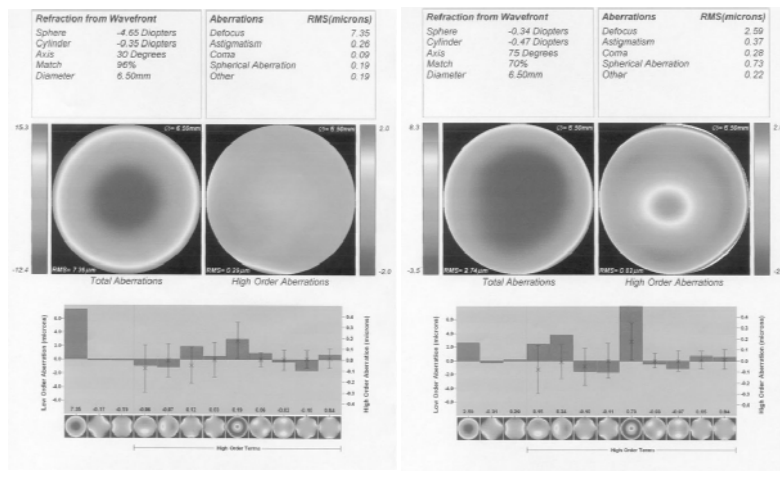
A aberrometria caracteriza matematicamente a forma da frente de onda que atravessa os dióptros oculares.

Para dar sentido as aberrações isoladas pode-se agrupá-las e, em média, chegar a um desvio esperado, ou Root Mean Square (RMS).



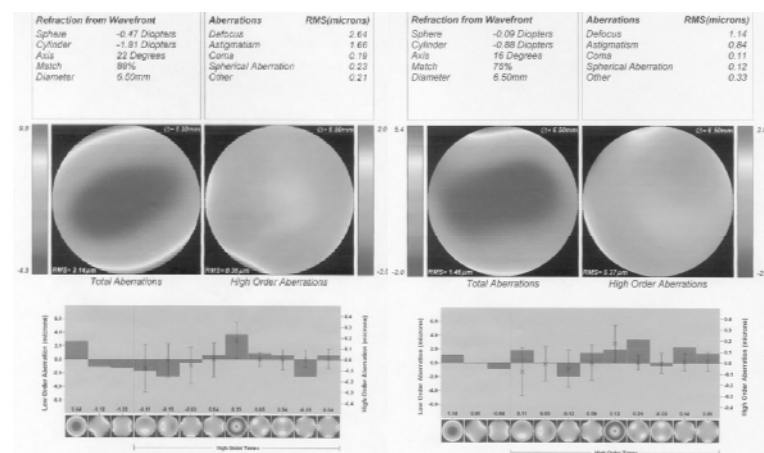
paulo@55812020.net

Non-nocere, ou a Indução de Aberrações



paulo@55812020.net

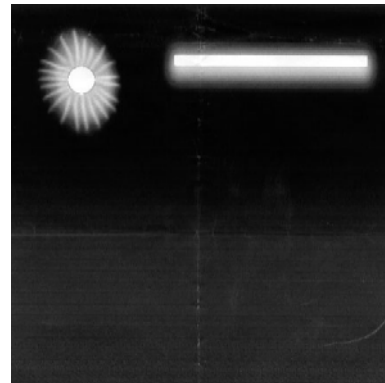
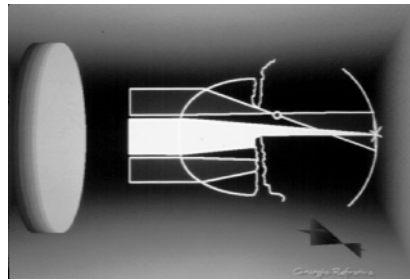
Sem Indução de Aberrações

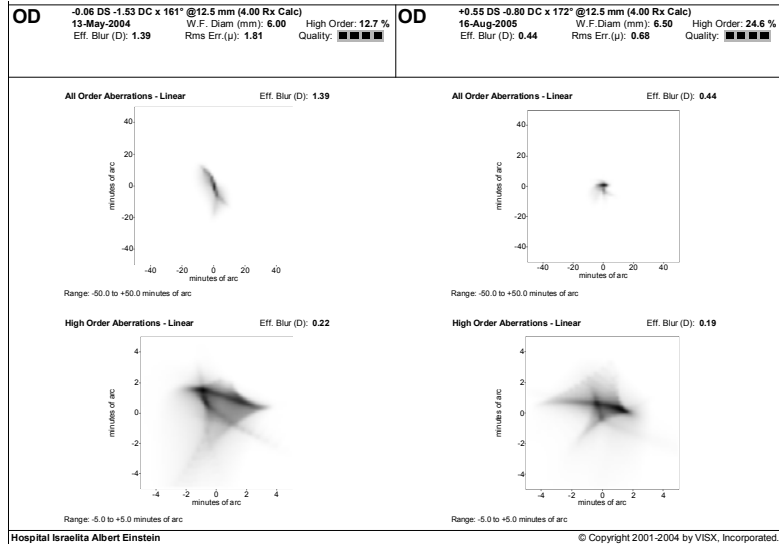


paulo@55812020.net

Medidas Objetivas vs. Visão

- **Equivalente Esférico (Média Numérica)**
- **Análise Vetorial do Astigmatismo (Aberrações de Baixa Ordem)**
- **Aberrações Individuais (Didática)**
- **Rms-H (Aberrações de Alta ordem)**
- **Point Spread Function (Simulações Extra-cerebrais)**
- **Acuidade Visual (Cognitivo)**
- **Questionários (Percepção)**



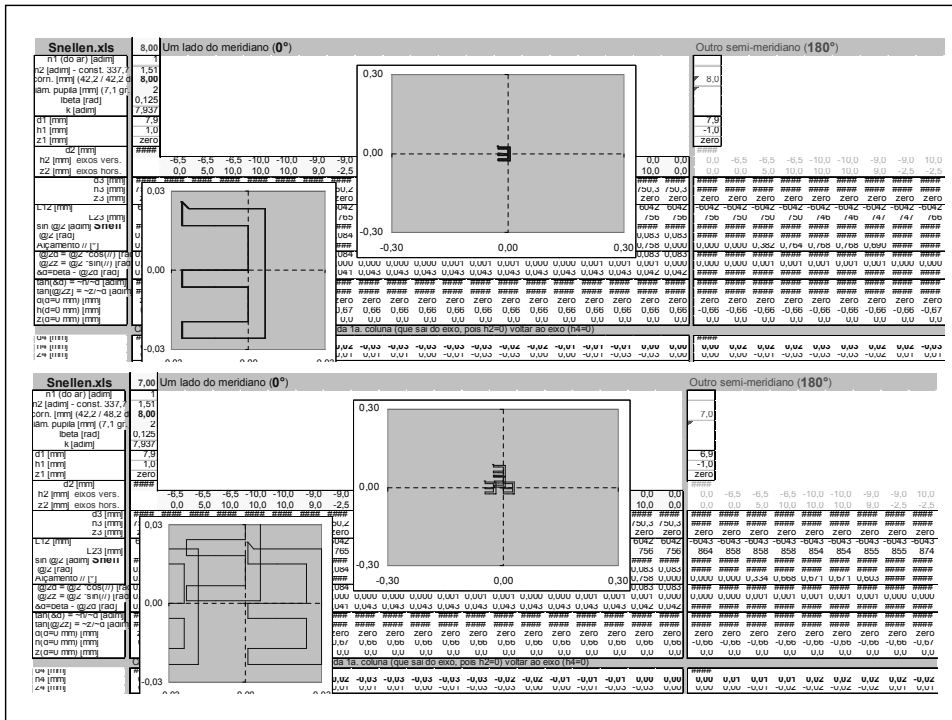


paulo@55812020.net

Medidas Objetivas vs. Visão

- **Equivalente Esférico (Média Numérica)**
- **Análise Vetorial do Astigmatismo (Aberrações de Baixa Ordem)**
- **Aberrações Individuais (Didática)**
- **Rms-H (Aberrações de Alta ordem)**
- **Point Spread Function (Simulações Extra-cerebrais)**
- **Acuidade Visual (Cognitivo)**
- **Questionários (Percepção)**

paulo@55812020.net

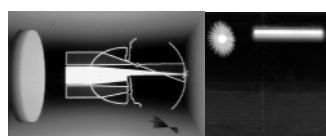
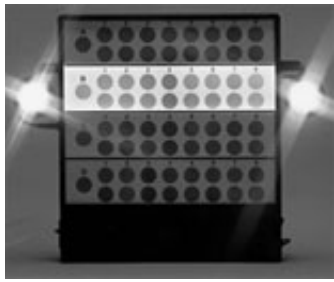


bioengenharia
OCULAR

UNIFESP
 paulo@55812020.net

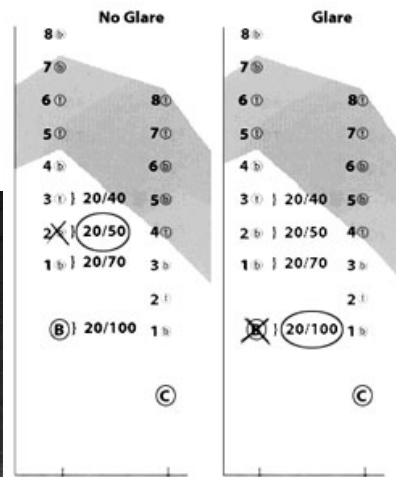
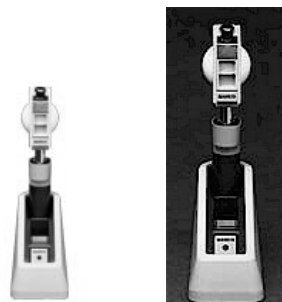
Acuidade Visual com teste de Glare ou Ofuscamento

Potencialização da multifocalidade



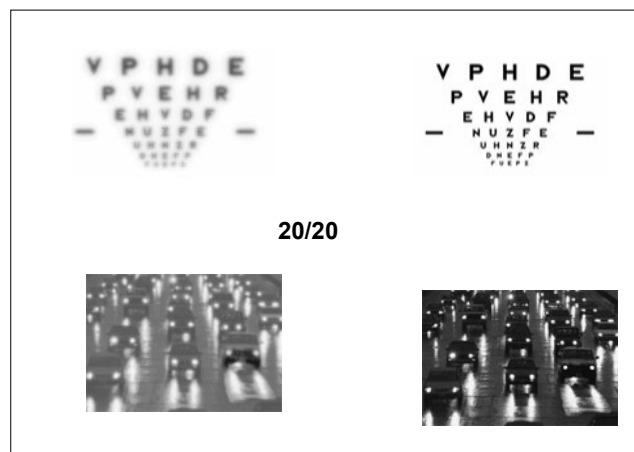
Ofuscamento com Contraste Variável

BAT
Brightness
Acuity
Test



paulo@55812020.net

Acuidade Visual pode dar uma medida da
Qualidade de Visão razoavelmente boa,
principalmente em casos sem altas
aberrações



paulo@55812020.net

Primeiro mês pós-operatório dos 97 primeiros pacientes operados pelo LadarWave CustomCornea Ablation - UNIFESP Out 2003

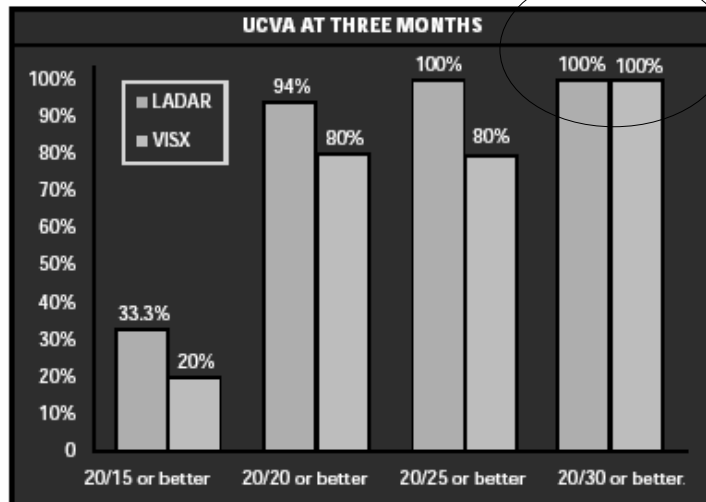
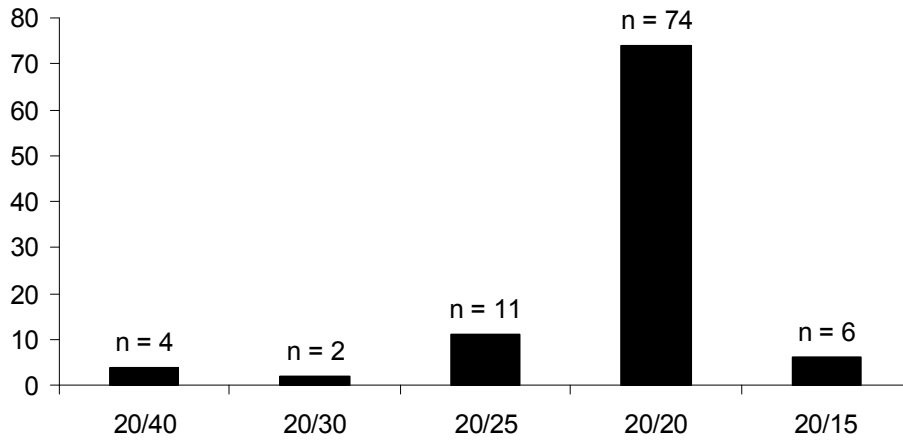
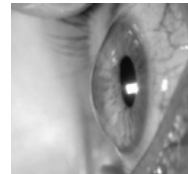
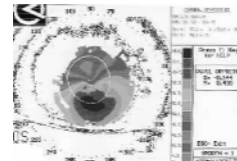


Figure 1. Fourteen percent more patients achieved 20/20 UCVA's postoperatively with the CustomCornea treatment, than with the CustomVue treatment, and over 13% more patients achieved 20/15 vision or better with CustomCornea.

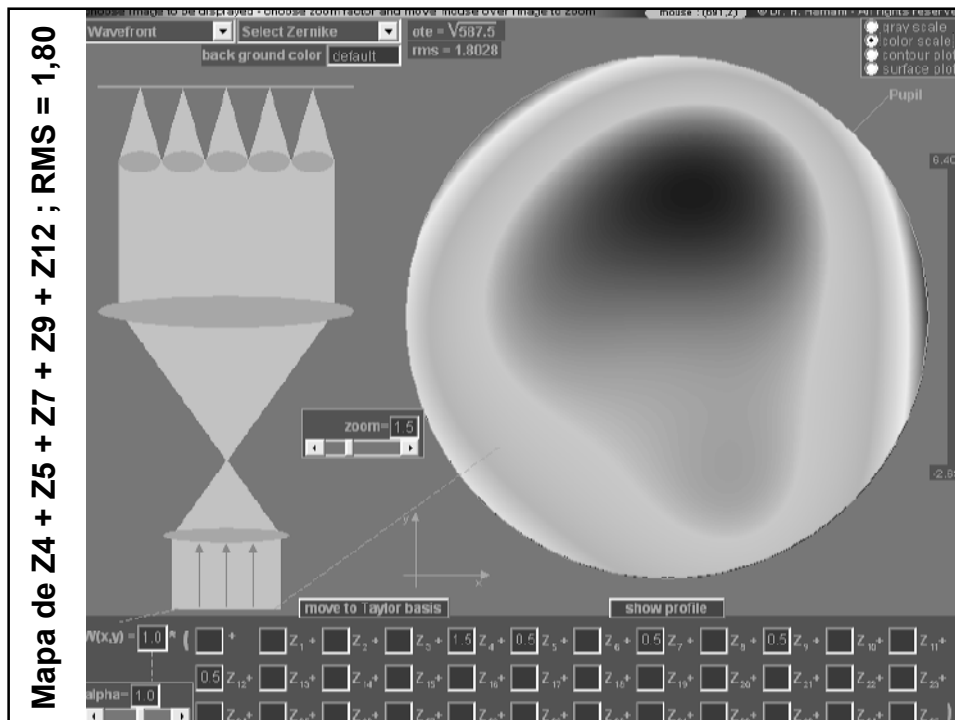
paulo@55812020.net

Ceratocone

- Astigmatismo irregular
- Sistema altamente aberrado
- Baixa confiabilidade numérica
(Refração, ceratometria, análise de frente de onda)
- Dificuldade de discriminação em visões relativamente baixas (20/80 vs 20/100)



paulo@55812020.net



Medidas Objetivas vs. Visão

- **Equivalente Esférico (Média Numérica)**
- **Análise Vetorial do Astigmatismo (Aberrações de Baixa Ordem)**
- **Aberrações Individuais (Didática)**
- **Rms-H (Aberrações de Alta ordem)**
- **Point Spread Function (Simulações Extra-cerebrais)**
- **Acuidade Visual (Cognitivo)**
- **Questionários (Percepção)**

Questionários de Qualidade de Vida

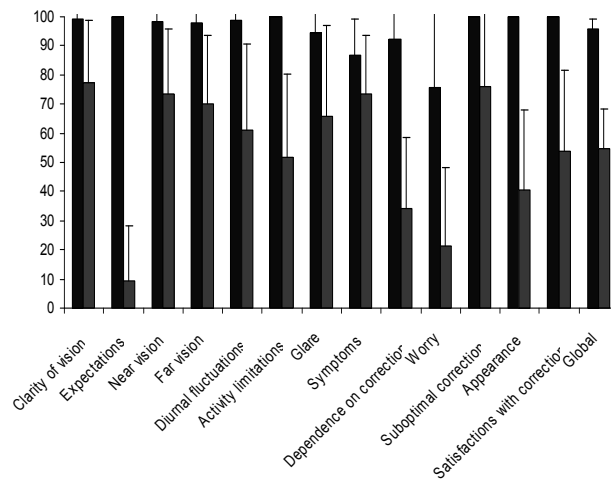
VFQ (Visual Function Questionary)



Larissa Madeira Nunes

Avaliação da qualidade de vida dos pacientes submetidos a cirurgia refrativa no serviço de cirurgia refrativa da UNIFESP
tese: Doutorado, maio 2005

$p < 0,05$



paulo@55812020.net

Medidas Objetivas vs. Visão

- **Equivalente Esférico (Média Numérica)**
- **Análise Vetorial do Astigmatismo (Aberrações de Baixa Ordem)**
- **Aberrações Individuais (Didática)**
- **Rms-H (Aberrações de Alta ordem)**
- **Point Spread Function (Simulações Extra-cerebrais)**
- **Acuidade Visual (Cognitivo)**
- **Questionários (Percepção)**

paulo@55812020.net



WORLD OPHTHALMOLOGY CONGRESS

XXX International Congress of Ophthalmology
XXVI Pan-American Congress of Ophthalmology
XVII Brazilian Congress of Prevention of Blindness

Feb. 19-24, 2006 Sao Paulo - Brazil

www.ophtalmology2006.com.br

