

Relatório Final de Instrumentação de Ensino – F809

Ótica e Problemas da Visão

Aluna: Gabriela Simone Lorite – RA 008769

Orientador: Lucila Cescato

Universidade Estadual de Campinas

Junho/2004

Resumo

O olho é o órgão responsável pelo início do processo visual. Biologicamente, o olho humano possui um funcionamento complexo. As informações por ele observadas são captadas por uma enorme quantidade de sensores. Neste relatório apresentaremos um pouco sobre a anatomia do olho humano.

Introdução

O sentido da visão está na dependência de um estímulo externo que é recebido pelo olho na forma de luz. Os raios luminosos devem atravessar uma série de meios transparentes antes de alcançar a retina. As várias densidades óticas (ou índices de refração) desses meios causam mudança de direção dos raios luminosos quando estes passam de um meio a outro. Se a imagem não for focalizada na fóvea (um ponto específico da retina), o objeto parecerá ser turvo. Felizmente, problemas de focalização podem ser solucionados através da ciência ótica.

No relatório parcial apresentamos os princípios da ótica geométrica por trás do funcionamento do olho humano. Também foram apresentados os cálculos para a montagem experimental que simulará o funcionamento do olho humano e erros refrativos da visão – miopia e hipermetropia.

No presente relatório apresentaremos os pontos mais importantes da anatomia do olho humano. Também apresentaremos os resultados experimentais obtidos na montagem experimental citada acima.

Metodologia

O olho humano - anatomia

O olho humano é, aproximadamente, uma esfera com cerca de 20mm de diâmetro. As principais partes do olho humano são a córnea, o cristalino, a íris e a retina. A figura 1 ilustra a anatomia do olho humano.

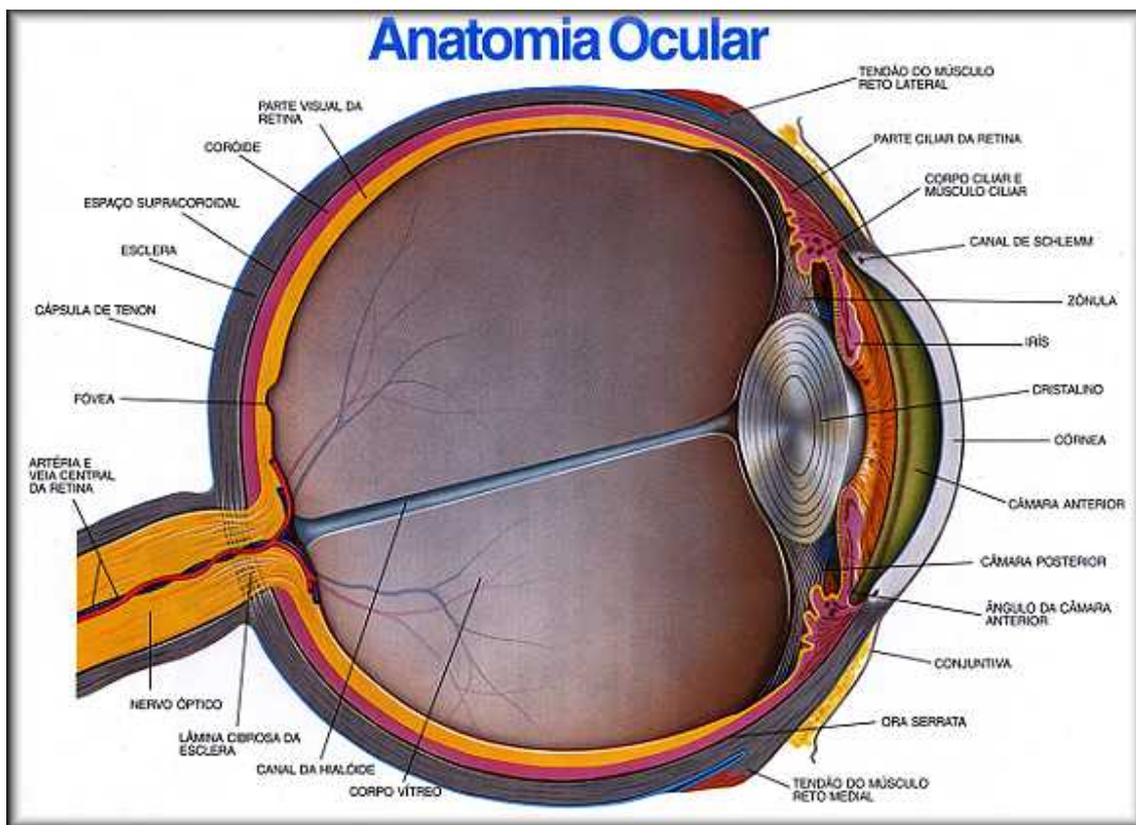


Figura 1: esquema ilustrativo da anatomia do olho humano.

A córnea é uma membrana que cobre a superfície anterior do olho. Ela é constituída de um tecido resistente e transparente. Ela atua como uma janela refrangente e protetora, possibilitando a passagem dos raios de luz em direção a retina. Seguindo da córnea em direção ao fundo do olho, encontramos a câmara anterior. Essa câmara contem um liquido – humor aquoso – ele é responsável por fornecer nutrientes à córnea.

A íris é um diafragma importante nos processos visuais. Ela é opaca e possui uma abertura central chamada pupila. Sua função é controlar a quantidade de luz que deve chegar a retina. Assim, quando em ambiente claro a pupila é estreita, quando em ambiente escuro ela se dilata.

O cristalino é uma estrutura biconvexa, incolor e quase totalmente transparente, é também gelatinoso e elástico. Ele é responsável por convergir os raios de luz na retina. A distância focal do cristalino é modificada por movimentos de um anel de músculos, denominados músculos ciliares, permitindo ajustar a visão para objetos próximos ou distantes. Essa característica é chamada acomodação visual.

A retina é uma membrana de múltiplas camadas de tecido neural, ou seja, células nervosas. É nela que as imagens se formam, mais especificamente no cruzamento da retina com o eixo do globo ocular, chamado fóvea. Sua função é transformar a energia luminosa das imagens em sinais nervosos que são transmitidos ao cérebro pelo nervo ótico.

Os erros refrativos da visão

O olho normal ou emétrope – figura 2 – é aquele no qual os raios de luz paralelos são trazidos a um foco na fóvea sem o uso da acomodação, ou em algumas bibliografias, é uma condição ideal, pois os adultos sempre têm algum grau de

erro de refração. As variações do estado emétrepe, não devidos a opacidades ou doenças, são denominadas em conjunto ametropias.

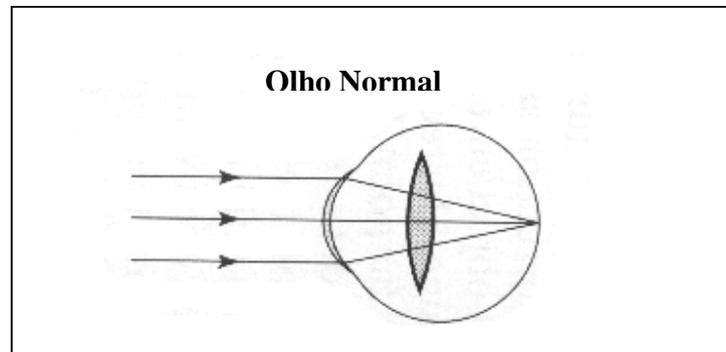


Figura 2: Esquema de Olho Normal ou Emétrepe.

As principais formas de ametropias são hipermetropia, miopia, astigmatismo e presbiopia. Variações menos importantes são anisometria (diferença entre os erros de refração dos dois olhos) e aniseicônia (diferença do tamanho da imagem nos dois olhos). Os erros de refração de todas as espécies tendem a ser herdados, mas não de maneira definitivamente previsível. Isto porque há um número grande de variáveis que influenciam a refração, dentre elas a curvatura da córnea, comprimento do olho e forma de cristalino. Vejamos a seguir a descrição e tratamento das principais formas de ametropias citadas acima.

✓ **Hipermetropia**

A hipermetropia ou visão longa – figura 3 – é caracterizada quando a convergência dos raios de luz paralelos ocorre em um foco atrás da retina. O resultado é uma visão não nítida a qualquer distância. Ela pode ser causada por encurtamento do globo ocular ou enfraquecimento do poder refringente da córnea ou cristalino. Esse erro refrativo da visão pode ser corrigido com o uso de lentes convexas, para aumentar o ângulo de incidência dos raios de luz que entram na córnea e cristalino.

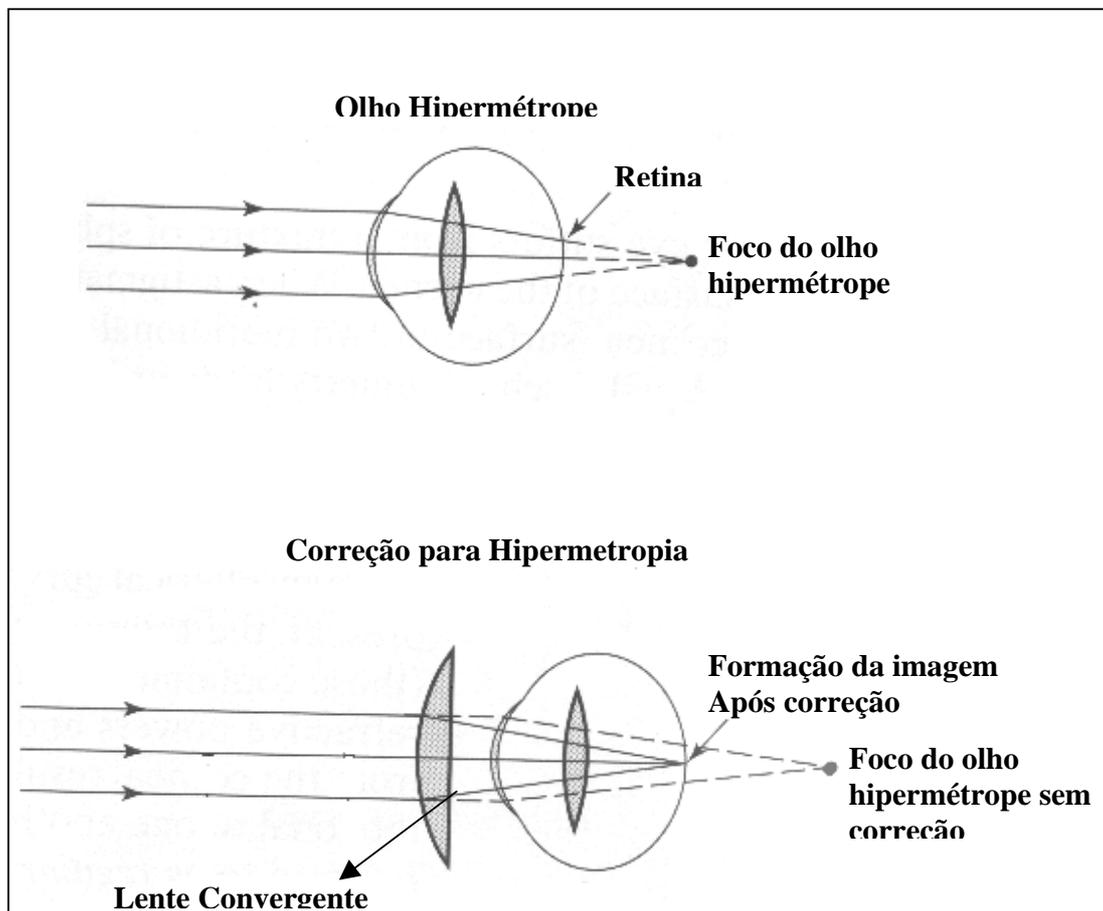


Figura 2: Esquema ilustrativo para olho hipermetrope.

✓ **Miopia**

A miopia ou visão curta – figura 4 – apresenta o problema inverso da hipermetropia, os raios de luz convergem em um foco anterior à retina. Assim o “ponto distante” do olho, que está no infinito na hipermetropia e na emetropia, está a uma distância finita a menos de 6 metros do indivíduo, ou seja, imagens de objetos muito distantes não são nítidas. A miopia pode ser causada por globo ocular grande ou por aumento do poder refringente dos

meios. Felizmente, este problema, independente de sua origem, pode ser corrigido fazendo-se o uso de lentes côncavas para divergir os raios luminosos, focalizando-os na retina.

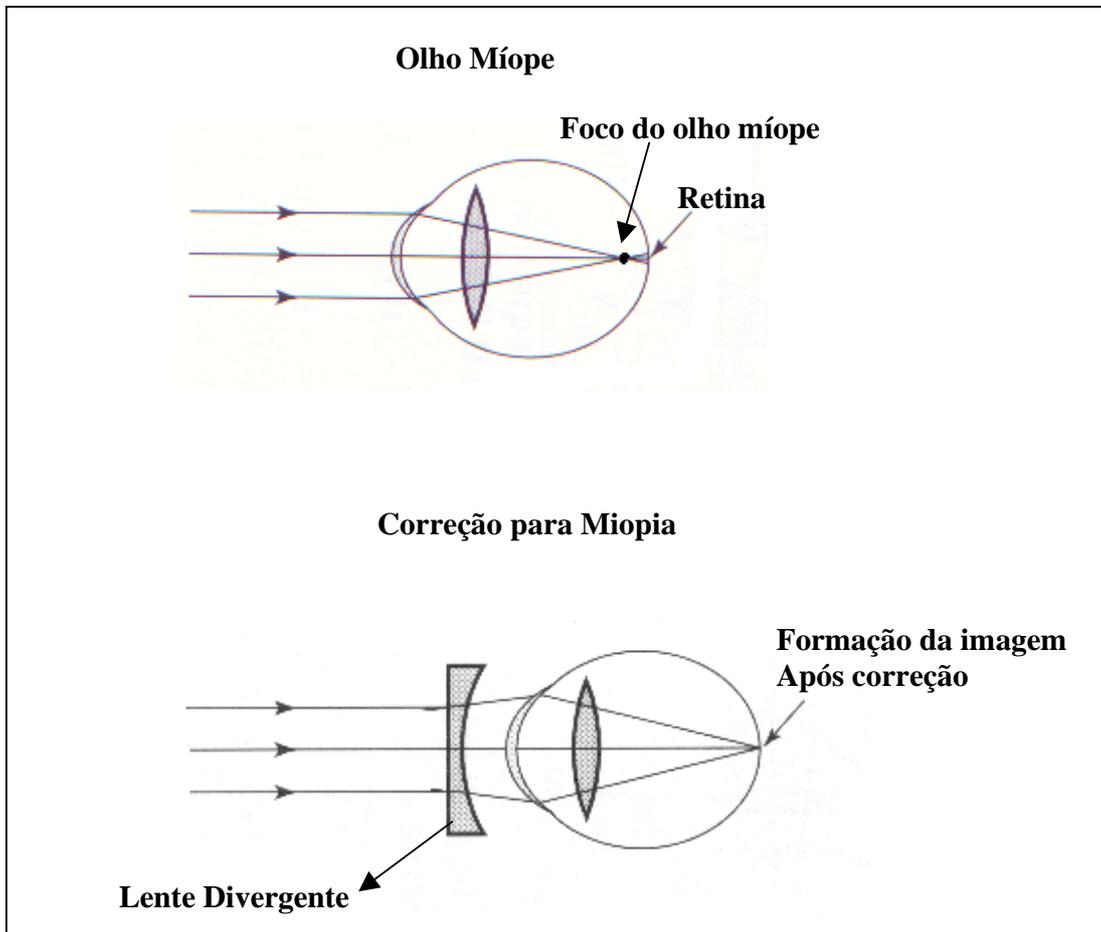


Figura 4: : Esquema ilustrativo para olho míope.

✓ **Astigmatismo**

O astigmatismo é caracterizado por uma visão distorcida. A origem do problema está em uma diferença entre o poder refringente nos diversos meridianos do olho. A maioria dos casos ocorre devida irregularidade na forma da córnea, mas o cristalino também pode causar astigmatismo. O erro refrativo

pode ser tratado com lentes cilíndrica, côncava ou convexa dependendo do meridiano do olho que é origem do problema.

✓ **Presbiopia**

A presbiopia ou vista cansada surge com o decorrer da vida. Trata-se de uma diminuição do poder de acomodação. Isso implica numa dificuldade de focalizar os objetos próximos. A correção do problema pode ser feita com uma lente que corrige o erro refrativo básico, adicionada a uma lente convexa adequada. Muitas vezes faz-se uso de lentes bifocais ou multifocais.

Experimental

O experimento, em fase de acabamento, simula o olho normal, olho míope e o olho hipermetrópe, sendo que os dois últimos apresentam a possibilidade de correção com lentes que se movimentam, de maneira que o usuário pode colocar e tirar a lente corretora.

No projeto propúnhamos a idéia de movimentar as lentes corretoras também sobre o eixo ótico. Primeiramente, calculamos as variações dentro das distâncias permitidas, para verificar se há uma mudança perceptível do foco. Os cálculos foram feitos baseados nos cálculos de foco e curvatura das lentes, apresentados no último relatório. As variações foram calculadas segundo a teoria apresentada no relatório parcial. A tabela 1 mostra os resultados obtidos para as variações do olho míope e a tabela 2 mostra os resultados para as variações do olho hipermetrópe. Nas tabelas, F_1 é o foco da lente corretora, F_2 é o foco da lente que simula o olho normal, e d é a distância ente os centros das

lentes de focos F_1 e F_2 , F' é o foco do sistema de lentes. As linhas pintadas indicam os valores apresentados no último relatório.

<i>Miopia</i>				
$F_1(\text{cm})$	$F_2(\text{cm})$	$e(\text{cm})$	$1/F'(\text{cm})^{-1}$	$F'(\text{cm})$
-84	20	28	0,04107	24,35
-84	20	27	0,04099	24,40
-84	20	26	0,04091	24,44
-84	20	25	0,04083	24,49
-84	20	24	0,04074	24,55
-84	20	23	0,04065	24,60
-84	20	22	0,04057	24,65
-84	20	21	0,04048	24,71
-84	20	20	0,04038	24,76
-84	20	19	0,04029	24,82
-84	20	18	0,04020	24,88
-84	20	17	0,04010	24,94
-84	20	16	0,04	25
-84	20	15	0,03990	25,06
-84	20	14	0,03980	25,13
-84	20	13	0,03969	25,19
-84	20	12	0,03958	25,26
-84	20	11	0,03947	25,33
-84	20	10	0,03936	25,41
-84	20	9	0,03925	25,48
-84	20	8	0,03913	25,56
-84	20	7	0,03901	25,63
-84	20	6	0,03889	25,71
-84	20	5	0,03876	25,80
-84	20	4	0,03864	25,88
-84	20	3	0,03851	25,97
-84	20	2	0,03837	26,06
-84	20	1	0,03824	26,15

Tabela 1: cálculos das variações do foco ao alterarmos a distância entre as duas lentes para o olho míope.

Hipermetropia				
$F_1(\text{cm})$	$F_2(\text{cm})$	$e(\text{cm})$	$1/F'(\text{cm})^{-1}$	$F'(\text{cm})$
76	20	28	0,07083	14,12
76	20	27	0,07041	14,20
76	20	26	0,07000	14,29
76	20	25	0,06961	14,37
76	20	24	0,06923	14,44
76	20	23	0,06887	14,52
76	20	22	0,06852	14,59
76	20	21	0,06818	14,67
76	20	20	0,06786	14,74
76	20	19	0,06754	14,81
76	20	18	0,06724	14,87
76	20	17	0,06695	14,94
76	20	16	0,06667	15,00
76	20	15	0,06639	15,06
76	20	14	0,06613	15,12
76	20	13	0,06587	15,18
76	20	12	0,06563	15,24
76	20	11	0,06538	15,29
76	20	10	0,06515	15,35
76	20	9	0,06493	15,40
76	20	8	0,06471	15,45
76	20	7	0,06449	15,51
76	20	6	0,06429	15,56
76	20	5	0,06408	15,60
76	20	4	0,06389	15,65
76	20	3	0,06370	15,70
76	20	2	0,06351	15,74
76	20	1	0,06333	15,79

Tabela 2: cálculos das variações do foco ao alterarmos a distância entre as duas lentes para o olho hipermetrope.

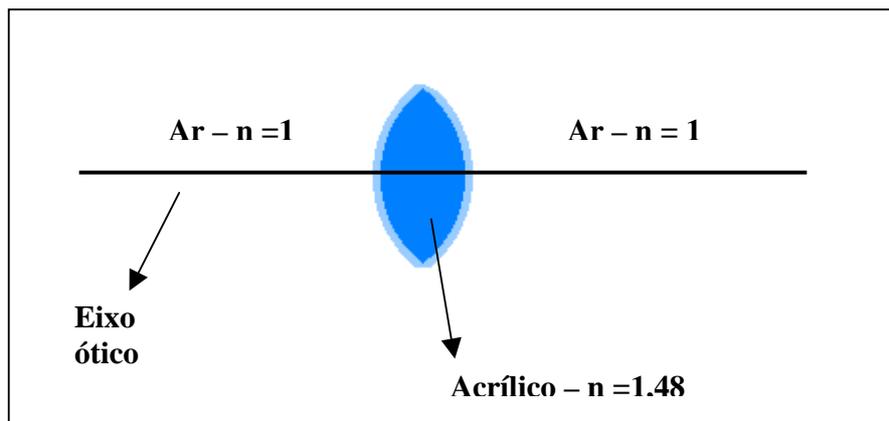
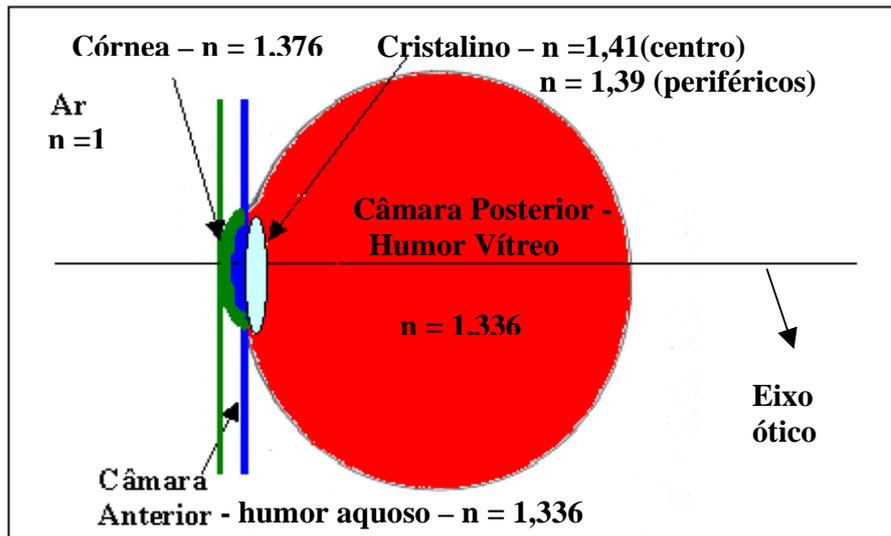
Os resultados apresentados na tabela 1, mostram que a variação no foco do sistema para o olho míope é de no máximo 1,15cm. Já para o olho hipermetrope a variação no foco do sistema é no máximo 0,88cm, como indica a tabela 2. Diante destes resultados, concluímos que criar a possibilidade de

movimentar as lentes corretoras ao longo do eixo ótico é inviável, pois além de não produzir um bom efeito visual, a presença de alguma aberração da lente ou do laser pode tornar essa variação totalmente imperceptível.

Para expor o experimento foi projetada uma caixa de madeira para alojar as lentes, a fonte de alimentação para os lasers e também um pequeno painel explicativo. As lentes que simulam o olho foram coladas no fundo da caixa. As lentes corretoras estão presas a uma haste que permite o movimento das mesmas. As lentes não estão exatamente nos pontos calculados teoricamente, o que não prejudicou o objetivo do experimento. Esse pequeno erro pode ter sido gerado pelo fato das lentes terem sido cortadas em máquina com pouca precisão, e também por elas terem sido polidas à mão, o que deve ter gerado um pequeno erro no raio de curvatura das mesmas.

Modelo Experimental x Olho Real

O modelo experimental feito por nós possui algumas diferenças quando comparado ao sistema real. Isto porque ao longo do eixo ótico do olho o raio de luz passa por 4 interfaces passando então por 5 índices de refração diferentes, e no nosso modelo o raio de luz passa apenas por 2 interfaces, passando então por apenas 2 índices de refração diferentes. A figura 6 mostra dois esquemas ilustrativos para o caso real e o modelo criado por nós, incluindo os respectivos índices de refração de cada meio.



(b)

Figura 6: Esquema de interfaces – (a) para olho humano, caso real; (b) experimento que simula o olho humano. Onde n representa o índice de refração em cada meio.

Os esquemas apresentados na figura 6 mostram as interfaces de meio pelo qual o raio de luz passa sem considerar um sistema de lentes corretoras. Considerando em ambos os casos, até o ponto que o raio de luz cruza a primeira interface do olho ou, no caso do experimento, a lente que simula o

olho, o sistema com lentes corretoras são iguais, ou seja, o raio de luz faz a trajetória ar – lente corretora – ar – primeira interface olho / lente simuladora.

Trabalho Semelhante

Trabalho semelhante foi desenvolvido semestre passado pelo aluno Rubens Granguelli Antoniazzi. O experimento desenvolvido por ele também simulava os problemas da visão, porém ele fez uso de lentes d'água, anteparo e uma fonte de luz. A montagem das lentes permitia a variação da curvatura, através de mais ou menos água em seu interior. Desta forma o usuário do experimento podia verificar a variação do foco conforme alteramos o raio de curvatura das lentes. A montagem feita por ele também permitia verificar que a imagem formada na retina é invertida.

O experimento apresentado por nós é semelhante ao do Rubens. Nosso experimento não permite verificar a imagem invertida da retina, nem permite variar a curvatura das lentes e a posição das mesmas no eixo ótico. Entretanto, o presente experimento possui alto impacto visual na observação na mudança do foco em um sistema de lentes. Acreditamos que didaticamente nosso experimento ilustra bem a convergência de raios, sistema de duas lentes e , sem dúvidas, fixa os problemas refrativos da visão do ponto de vista da ótica geométrica.

Referências

1. Vaughan, Daniel, Oftamologia Geral, SP, Atheneu, 1977
2. Dantas, Adalmir, Anatomia funcional do olho e seus anexos, RJ, Colina ed., 1983
3. Pedrotti, Leno S.; Pedrotti, Frank L. *Optics and Vision*