

# Visualização da Miopia, da Hipermetropia e do Astigmatismo Através do Simulador Didático do Globo Ocular

Visualization of the myopia, hypermetropia and astigmatism using the didactic simulator of the eye ball

André F. Guedes, Luci F.M. Braun e Mara R. Rizzatti\*

\* marar@puccrs.br

Faculdade de Física - PUCRS

Av. Ipiranga 6681, CP 1429, 90619-900, Porto Alegre, RS

Recebido em 31 de março de 2000. Aceito em 14 de novembro de 2000.

Neste trabalho apresentamos novas aplicações do simulador didático do cristalino ocular na reprodução da miopia e hipermetropia axiais e do astigmatismo.

We show new applications of the didactic simulator of ocular crystalline in the reproduction of axial myopia hypermetropia and astigmatism.

## I Introdução

O olho humano nem sempre funciona de modo perfeito. Os defeitos de visão mais freqüentes são a miopia, a hipermetropia e o astigmatismo.

Na miopia as imagens se formam antes da retina, incapacitando a pessoa de ver com nitidez objetos distantes [1,2] (Fig. 1(a)). A miopia mais comum é a axial, que se caracteriza pelo olho ser mais longo do que o normal. Deste modo, o poder de refração do sistema de lentes (córnea e cristalino) é muito grande para o comprimento do eixo antero-posterior do olho. Para correção deste problema utilizam-se lentes divergentes que alteram o foco de maneira a fazê-lo coincidir com a retina (fig. 1(b)).

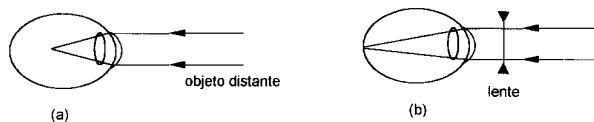


Figura 1. (a) Olho míope e (b) sua correção através de uma lente divergente.

Na hipermetropia as imagens se formam posteriormente à retina [1,2]. Assim, objetos próximos parecem indistintos. O cristalino de um olho hipermetrope não consegue se acomodar o suficiente para que a imagem se forme sobre a retina, conforme mostra a Fig. 2(a). O tipo mais comum de hipermetropia é a axial, que se caracteriza pelo encurtamento do eixo antero-posterior do

olho. Esta ametropia se corrige com uma lente convergente, a qual aproxima a imagem para junto da retina (Fig. 2(b)).



Figura 2. (a) Olho hipermetrope e (b) sua correção através de uma lente convergente.

No astigmatismo, a imagem sobre a retina de um objeto puntiforme se transforma em um pequeno segmento de reta [1,2]. Este defeito é provocado pela assimetria da córnea ou do cristalino ou de ambos. Denomina-se de regular o astigmatismo em que são identificados dois meridianos principais com curvaturas diferentes em dois planos ortogonais [3]. Por isso um astigmata não consegue focalizar simultaneamente em um mesmo plano tudo o que vê. Dentre as várias classificações do astigmatismo regular, apresentamos na Fig. 3(a) o astigmatismo hipermetrope simples, onde um dos focos incide sobre a retina (plano xy) e o outro incide atrás da retina (plano xz). Se um dos focos incidir na frente da retina, o defeito é chamado astigmatismo míope simples. Estas ametropias se corrigem com uma lente cilíndrica plana convergente (Fig. 3(b)) e divergente, respectivamente.

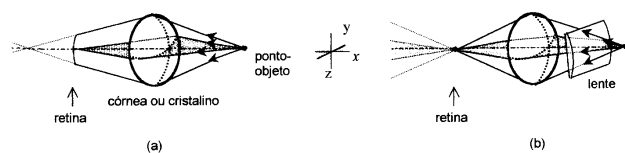


Figura 3. (a) Olho astigmata hipermélope e (b) sua correção através de uma lente cilíndrica plana convergente.

Neste trabalho apresentamos novas aplicações do simulador didático do cristalino ocular (SDCO) [4] na visualização e correção destas ametropias oculares.

## II Simulação de um olho míope e de um olho hipermélope usando o SDCO

A montagem da Fig. 4(a) simula a miopia axial. Neste arranjo, raios paralelos provenientes de três canetas-laser alinhadas representam raios vindos de um objeto puntiforme distante. Estes raios atravessam o SDCO encontrando-se antes do anteparo que representa a retina. Aqui a distância SDCO-anteparo corresponde ao comprimento axial de um olho míope (portanto, mais longo que o normal). Para garantir a reprodução da miopia axial, deve-se colocar o anteparo longe o suficiente do SDCO para que os raios não sejam focalizados sobre ele, mesmo quando a bolsa d'água tiver espessura mínima (neste caso, ela apresenta um poder de refração mínimo). Na Fig. 4(b) pode-se ver a montagem para simular este defeito com o trajeto dos raios. Note que eles se interceptam acima do anteparo.

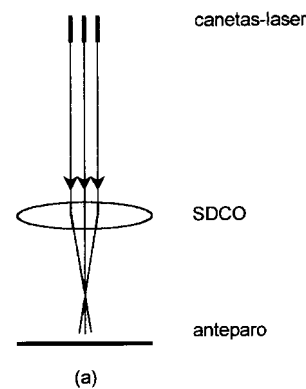
Para simular a hipermetropia axial, deve-se fazer a montagem da Fig. 5(a), tornando os raios levemente divergentes. Neste caso, os raios partem de um objeto puntiforme próximo. O anteparo deve estar a uma distância do SDCO tal que os raios jamais se encontrem antes ou sobre o anteparo (portanto, o prolongamento destes raios se encontrará atrás do anteparo), mesmo quando a bolsa tiver espessura máxima (ou seja, poder de refração máxima). Nesta montagem, a distância SDCO-anteparo corresponde ao comprimento axial de um olho mais curto que o normal. A fig. 5(b) mostra a montagem necessária para simular esta ametropia, juntamente com o trajeto dos raios.

Nestas simulações, supomos que a acomodação seja realizada de maneira perfeita pelo cristalino (simulado pelo SDCO) e que as ametropias ocorram apenas devido ao comprimento axial do olho (distância SDCO-anteparo) ser diferente do normal.

## III Correção da miopia e da hipermetropia usando o SDCO

A correção da miopia é feita introduzindo-se uma lente divergente antes do SDCO, mantendo-se inalterado o restante da montagem da Fig. 4(a). A distância focal desta lente dependerá das características do arranjo, tais como a distância SDCO-anteparo, elasticidade do filme de PVC que envolve a bolsa, quantidade de água da bolsa, índice de refração da água e do material da lente divergente, entre as principais.

Por sua vez, a hipermetropia é corrigida no arranjo da Fig. 5(a) introduzindo-se uma lente convergente na frente do SDCO. A distância focal desta lente também dependerá das características da montagem como já mencionado acima.



(b)

Figura 4. (a) Representação esquemática para reproduzir a miopia axial e (b) foto do experimento.

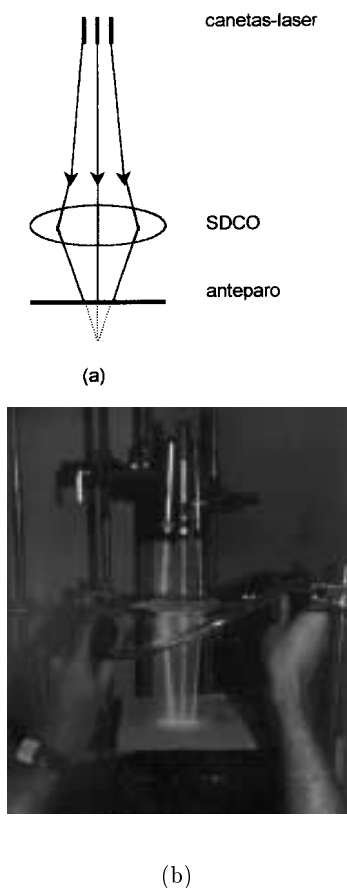


Figura 5. (a) Representação esquemática para reproduzir a hipermetropia axial e (b) foto do experimento.

#### IV Simulação de um olho astigmata usando o SDCO

Para simular o astigmatismo regular simples será necessário deformar o SDCO de modo a torná-lo elipsoidal. Isto pode ser facilmente obtido amarrando no SDCO duas cintas de metal (Fig. 6(a)). É importante que as cintas tenham uma certa rigidez para dar sustentação a forma elipsoidal da bolsa d'água.

Na Fig. 6(b) apresenta-se o esquema experimental que reproduz o astigmatismo hipermetrope simples usando o SDCO. Note que, neste caso, são necessárias quatro canetas-laser. Elas devem estar posicionadas de modo que o feixe de um par de canetas-laser incida ao longo do eixo maior e o outro ao longo do eixo menor do SDCO (sinalizados, respectivamente, por a e b na Fig. 6(a)). O astigmatismo míope simples é obtido na mesma montagem, apenas afastando o anteparo do SDCO de maneira a fazê-lo coincidir com o foco do outro par de feixes (Fig. 6(c)). Em ambas as situações, a distância SDCO-anteparo representa a

distância cristalino-retina. As Figs. 6 (d) e (e) apresentam as fotos do experimento para reproduzir o astigmatismo hipermetrope e míope simples, respectivamente. Note que nestas fotos a quarta caneta-laser não aparece, pois está atrás das demais.

Recomendamos que todas as montagens sejam feitas na vertical para minimizar deformações na concavidade da bolsa d'água devido à força gravitacional.

#### V Correção do astigmatismo usando o SDCO

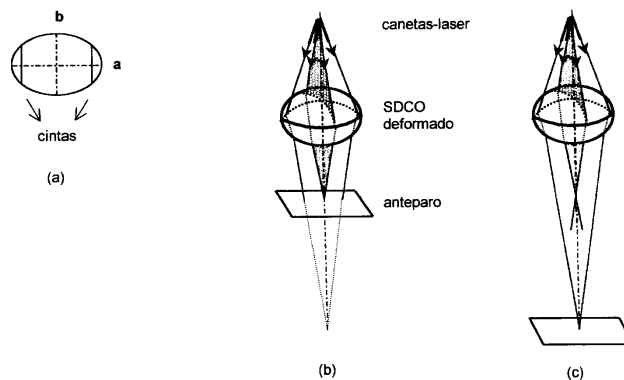
A visualização das correções dos astigmatismos hipermetrope e míope simples exige a colocação, antes do SDCO, de uma lente cilíndrica plana convergente e divergente, respectivamente, nas montagens das Figs. 6 (b) e (c). Também aqui as distâncias focais destas lentes dependerão das características das montagens.

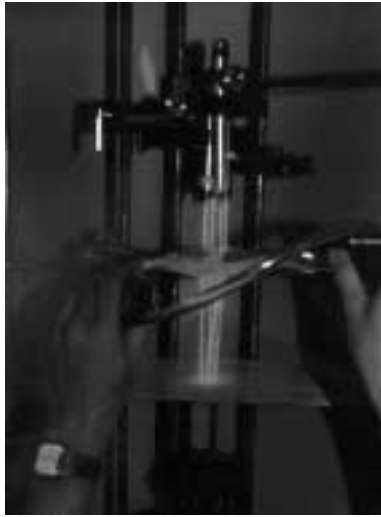
#### VI Conclusões

Neste trabalho apresentamos novas aplicações do simulador didático do cristalino ocular. Devido à dinâmica do simulador é possível reproduzir a miopia e hipermetropia axiais e o astigmatismo regular, assim como visualizar suas correções através do uso de lentes de geometrias e distâncias focais apropriadas. Além disso, as montagens envolvidas são simples e de baixo custo, sendo recomendadas suas aplicações nas aulas de ótica geométrica ou nas feiras de ciências.

#### Agradecimento

Os autores agradecem ao Prof. Thomas Braun pelo auxílio na obtenção das fotos.





(d)



(e)

Figura 6. (a) SDCO preso com duas cintas metálicas, o que lhe confere uma forma elipsoidal. Representação esquemática para reproduzir o astigmatismo hipermetrópe simples (b) e o astigmatismo míope simples (c). (d) e (e) são fotos do experimento referentes aos esquemas (b) e (c), respectivamente.

## References

- [1] HECHT, E. *Optics*, Addison-Wesley Publishing Company, 1974.
- [2] SERWAY, R. A. *Eletricidade, Magnetismo e Ótica*, vol. 3, Livros Técnicos e Científicos Editora, 1996.
- [3] VENTURA, L. e NETO, J.C.C. *Ametropias Oculares*, Rev. Bras. de Ensino de Física, vol. **17**, 305-316, (1995).
- [4] GUEDES, A.F., BRAUN, L.F.M. e RIZZATTI, M.R. *Simulador Didático do Cristalino Ocular*, Rev. Bras. de Ensino de Física, vol. **22**, no 1, 137-139, (2000). Neste artigo mostramos como construir e utilizar um dispositivo que reproduz a dinâmica do conjunto cristalino-músculos ciliares, permitindo simular a acomodação do cristalino. Este simulador consiste de uma bolsa transparente com água ligada a dois sifões de borracha. A bolsa d'água representa o cristalino e os sifões os músculos ciliares. A acomodação do cristalino é simulada neste dispositivo alterando a forma da bolsa (ou seja, sua concavidade), mediante a injeção de maior ou menor volume de água através da compressão dos sifões.

## Apêndice

A seguir descrevemos como obtivemos as fotos que aparecem neste trabalho.

O experimento foi montado em uma sala escura. Uma máquina fotográfica é equipada com flash e seu obturador ajustado na posição B (obturador aberto enquanto pressionado). O mesmo é acionado e mantido pressionado. Inicialmente, o flash dispara e ilumina o experimento, registrando a montagem. Em seguida, com a sala ainda às escuras, corre-se uma folha de papel branco no caminho dos raios, perpendicularmente a eles. A luz espalhada pelo papel sensibiliza a película fotográfica e, desta maneira, consegue-se registrar o trajeto dos raios. Tendo percorrido o traçado de todos os raios, libera-se o obturador concluindo-se a foto.