

Espectrofotometria de lentes oftálmicas filtrantes coloridas sob radiação ultravioleta e luz visível

Spectrophotometry of ophthalmic filtering color lenses under ultraviolet radiation and visible light

Luís Felipe Fornaciari Ramos¹

Luciene Chaves Fernandes²

Luiz Alberto Cury³

RESUMO

Objetivo: Determinar a transmitância das lentes oftálmicas filtrantes coloridas submetidas à radiação UV A e luz visível e comparar seus resultados na faixa de comprimento de onda compreendida entre 320 e 800 nanômetros (nm). **Métodos:** Análise espectrofotométrica das lentes filtrantes amarela 1, laranja, verde e fumê da marca “Danny” e amarela 2 da marca “Rio de Janeiro”, disponíveis em nosso meio, utilizando-se espectrofotômetro Modelo 6.400, marca JEM Way. **Resultados:** Todas as lentes estudadas apresentaram padrões de transmitância bastante individualizados, com curvas variáveis para os diversos comprimentos de onda. Na faixa espectrofotométrica de 320 a 400 nm, todas as lentes apresentaram transmitância inferior a 4% sendo que a lente amarela 1 apresentou a maior média (3,7%) ao passo que a fumê apresentou a menor média 0,45%. Contudo não foi observado uma diferença estatisticamente significativa entre estas lentes; a lente amarela 2 mostrou melhor proteção em comparação à lente amarela 1 e a laranja. Na análise espectrofotométrica realizada em diferentes posições da mesma lente constatou-se diversidade na curva de variância, apesar de não demonstrar diferença estatisticamente significativa. **Conclusões:** Para se indicar um filtro com segurança, as propriedades espectrais do filtro devem ser determinadas pela análise espectrofotométrica. É mais importante a capacidade de filtrar radiações luminosas do que somente ser colorido ou não.

Descritores: Lentes de contato hidrofílicas; Espectrofotometria ultravioleta/métodos; Dispositivos de proteção dos olhos; Lentes intra-oculares; Raios ultravioleta; Radiação; Retina/fisiopatologia; Luz

INTRODUÇÃO

A maior parte das informações que recebemos nos são transmitidas pela visão. A luz visível, que provoca a sensação visual pelo estímulo dos elementos sensoriais da retina corresponde a 1/8 do espectro eletromagnético⁽¹⁾. Dentro do espectro eletromagnético, dito visível, que se estende de 400 a 760 nm⁽¹⁻⁹⁾, encontramos um espectro de cores que passa do violeta ao vermelho sendo que as cores denominadas frias têm comprimento de onda menor, enquanto as cores quentes possuem comprimento de onda maior⁽²⁾. Entre os raios de comprimento de onda curto, inferiores a 400 nm, incluem-se os ultravioletas, os raios X e a radiação gama; enquanto a radiação de maior comprimento de onda, superior a 760 nm, abrange os raios infravermelhos, as ondas de rádio e de microondas^(1-4, 6-9).

Enquanto os raios no espectro visível que atingem os olhos em condições normais, causam sensação visual, no ultravioleta e infravermelho apresentam

Trabalho realizado no Serviço de Visão Subnormal do Hospital São Geraldo da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e no Departamento de Física do Instituto de Ciências Exatas (ICEX) da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG.

¹ Médico do primeiro ano de residência em oftalmologia do Hospital São Geraldo da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG.

² Coordenadora do Serviço de Visão Subnormal do Hospital São Geraldo, Doutora em Oftalmologia pela Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG;

³ Professor adjunto IV do Departamento de Física do Instituto de Ciências Exatas - ICEX da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG.

Endereço para correspondência: Rua Dep. Álvaro Sales, 95 - Belo Horizonte (MG) CEP 30350-250
E-mail: lipemed@hotmail.com

Recebido para publicação em 08.03.2002

Aceito para publicação em 22.07.2002

efeito lesivo predominantemente fotoquímico e térmico respectivamente⁽¹⁾. Nos portadores de baixa visão, mesmo no espectro visível, existe um maior risco de fotofobia ou dano ocular pela luz.

A luz UV presente na luz solar pode causar efeitos deletérios sobre os componentes oculares de forma aguda ou crônica^(1-2,6).

Assim, agudamente, tem-se hiperemia, lacrimejamento intenso, prurido, fotofobia, sensação de corpo estranho, edema conjuntival e palpebral e dificuldade de adaptação ao escuro^(2,6).

Os efeitos a longo prazo estão relacionados a um risco maior de pterígio, catarata, lesões corneanas e retinianas^(1-2,4,6-9). Os albinos pela falta de pigmento constituem um grupo de risco aos danos da radiação UV^(1,6).

A radiação ultravioleta inclui ondas eletromagnéticas que vão de 100 a 400 nm sendo divididas em: UV A - 315 a 400 nm; UV B - 280 a 315 nm e UV C - 100 a 280 nm^(1-2,4,6-9).

A atmosfera filtra quase toda radiação UV abaixo de 290 nm e 70 a 90 % de UVB⁽⁸⁾. Os raios UVB que atingem o olho são absorvidos em 70% pela córnea⁽²⁾. No entanto, comprimentos de onda entre 295 e 350 nm podem passar através da córnea sendo então absorvidos pelo cristalino⁽¹⁾.

Já por sua vez toda radiação acima de 1500nm e parte ao nível de 1000nm é absorvida pela córnea e pequena parte é absorvida pela lágrima^(1,8). Daquilo que passou pela córnea pode ser absorvido ainda pelo humor aquoso, núcleo cristalino e vítreo, sendo que no final somente 3 % dos raios infravermelhos irão atingir a retina^(1,8).

As lentes absorptivas ou filtrantes coloridas visam a atenuação das radiações luminosas que atingem os olhos objetivando conforto e proteção. Elas têm, também como objetivo, o aumento do contraste, a redução do ofuscamento e a melhora da percepção de cores⁽⁹⁾.

Diversos fatores devem ser considerados na escolha do filtro a ser usado devendo ressaltar a cor da lente, fotocromaticidade, densidade óptica, polarização e espectro de proteção.

As cores são designadas para terem características de transmissão em porção específica do espectro, sendo que as lentes coloridas apresentam efeito máximo de absorção na cor oposta a da lente. A melhor cor do filtro é aquela que oferece melhor acuidade visual sem perder a percepção da cor. Os filtros amarelos, laranjas e vermelhos geralmente aumentam o contraste, enquanto os matizes cinza-esverdeados são os que menos alteram a coloração original dos objetos^(4,7-9).

Já a densidade óptica refere-se à medida de transmitância do filtro, lembrando que quanto menor a transmitância maior será a densidade óptica e melhor a proteção^(4,7,9).

Os filtros CPF (Corning photochromic filter) são lentes filtrantes coloridas que têm a capacidade de escurecer na luz brilhante e clarear em iluminação escura. Devido ao seu fator fotocromático, são considerados os melhores pois, são ideais para combinar conforto e proteção; contudo, a dificuldade em obtê-las e o custo dificultam seu uso no Brasil.

Assim, tornou-se necessário em nosso serviço a busca de lentes filtrantes coloridas acessíveis à nossa população. Para uma prescrição mais segura a análise espectrofotométrica destas lentes se impôs.

OBJETIVOS

Determinar a transmitância das lentes oftálmicas filtrantes coloridas submetidas à radiação UV A e luz visível e comparar seus resultados na faixa de comprimento de onda compreendida entre 320 e 800 nanômetros (nm).

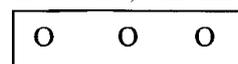
MÉTODOS

Foram utilizadas as 4 lentes filtrantes de acrílico, obtidas de óculos de segurança da marca "Danny" e 1 da marca "Rio de Janeiro" nas cores referidas como amarela 1 de tonalidade mais clara da marca "Danny", amarela 2 de tonalidade média da marca "Rio de Janeiro", laranja, verde e fumê estas da marca "Danny".

Estas lentes foram submetidas a tratamento de superfície e desbastagem em um mesmo laboratório óptico até apresentarem as dimensões de 12 X 30 mm e espessura de 2,0 a 2,5 mm, que as capacitaram ocupar o espaço reservado no espectrofotômetro utilizado: Modelo 6.400, marca JEM Way, faixa de 320 a 800 nm e com fonte luminosa de tungstênio.

As lentes ocuparam uma de cada vez o receptáculo da câmara escura do espectrofotômetro até a leitura dos dados relativos à porcentagem da transmissão da luz nos 320 a 800 nm previamente calibrado, com intervalos iniciais de 1nm.

Cada lente foi submetida ao processo de leitura por três vezes sendo que a posição discriminada para que os raios emitidos atingissem as lentes foi denominada de 1a, 1b e 1c, partindo de uma extremidade a outra da lente, conforme desenho abaixo:



1a 1b 1c

Foi realizada uma análise comparativa qualitativa entre todas as colorações de lentes envolvidas no estudo, levando para tal em consideração a posição 1b de incidência dos raios luminosos no espectrofotômetro; sendo que foi dada uma ênfase maior aos comprimentos de raios entre 320 e 400 nm, sendo feita uma análise quantitativa através do teste *t* de Student, que depende do número de graus de liberdade dado pelo número de diferenças independentes utilizadas para determinar o desvio padrão combinado.

Posteriormente foi considerada a variação encontrada entre as diferentes regiões de incidência dos raios em uma mesma lente (1a, 1b e 1c) visando uma análise de possíveis variações de densidade óptica durante o processo de confecção das lentes, realizada através do teste *t* de Student.

Para análise da significância estatística levou-se em consideração o valor de probabilidade (*p*) inferior a 1% (*p*<0,01); obtendo-se portanto uma confiabilidade de pelo menos 99%.

RESULTADOS

As lentes submetidas à radiação eletromagnética compreendida entre 320 e 800 nm demonstraram uma diferença qualita-

tiva significativa, apesar de todas demonstrarem uma filtração eficaz (transmitância próximo de 0%) na faixa espectral correspondente a radiação UVA (320 a 400 nm), conforme demonstra o Gráfico 1.

Assim, se considerarmos a transmitância apresentada pelas diversas lentes coloridas na faixa espectrofotométrica de 320 a 400nm, foi possível observar os resultados apresentados na Tabela 1.

Constatou-se que, na faixa espectrofotométrica de 320 a 400 nm, todas as lentes apresentaram transmitância inferior a 4% sendo que a lente amarela 1 apresentou a maior média (3,7%) enquanto, a fumê apresentou a menor média 0,45%. Contudo não foi observada uma diferença estatisticamente significativa entre estas lentes.

Quanto à análise espectrofotométrica realizada em diferentes posições da mesma lente (posições 1 a, 1b e 1c), foi possível constatar uma diversidade conforme demonstram os gráficos 2, 3, 4, 5, 6 e 7. Contudo, não foi possível demonstrar uma diferença estatisticamente significativa entre transmitância nas diversas posições ($p < 0,01$).

Embora tenham sido verificadas diferenças entre as diversas posições de incidência dos raios (1 a, 1b e 1c), não foram evidenciadas alterações estatisticamente significativas $p < 0,01$.

DISCUSSÃO

Os efeitos lesivos dos raios UV associados à necessidade de uma melhor performance visual impõe um aprimoramento da luz que chega aos nossos olhos.

Para se indicar um filtro com segurança, as propriedades espectrais do filtro devem ser determinadas em detalhes através da análise espectrofotométrica não podendo o filtro ser escolhido apenas pela cor. É mais importante a capacidade de filtrar radiações luminosas do que somente ser colorido ou não^(4,7,9).

Nossa faixa espectrofotométrica restringiu-se àquela situada entre 320 e 800 nm devido à limitação do aparelho utilizado.

Todas as lentes estudadas apresentaram padrões de transmitância bastante individualizados, com curvas variáveis para os diversos comprimentos de onda.

Considerando que, as cores dos filtros são designadas para terem características de transmissão através de porção específica do espectro, o resultado era esperado.

Constatou-se que na faixa espectrofotométrica de 320 a 400 nm todas as lentes apresentaram transmitância inferior a

Tabela 1. Análise comparativa de transmitância das lentes coloridas estudadas na faixa espectrofotométrica entre 320 e 400 nm

| Lente | Medida descritiva (transmitância %) | | |
|-----------|-------------------------------------|---------------|--------|
| | Média | Desvio padrão | P |
| Amarela 1 | 3,70 | 8,05 | |
| Amarela 2 | 0,75 | 0,83 | |
| Laranja | 0,90 | 0,98 | < 0,01 |
| Verde | 0,53 | 0,52 | |
| Fumê | 0,45 | 0,60 | |

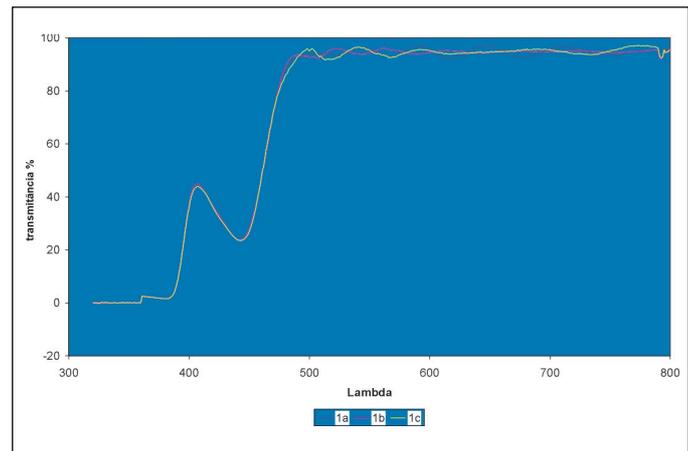


Gráfico 2 - Análise espectrofotométrica em três diferentes posições na lente amarela 1

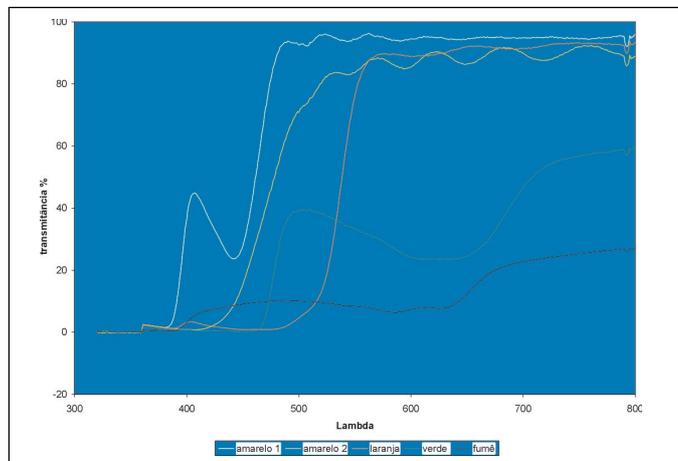


Gráfico 1 - Transmitância em lentes oftálmicas coloridas entre 320 e 800nm

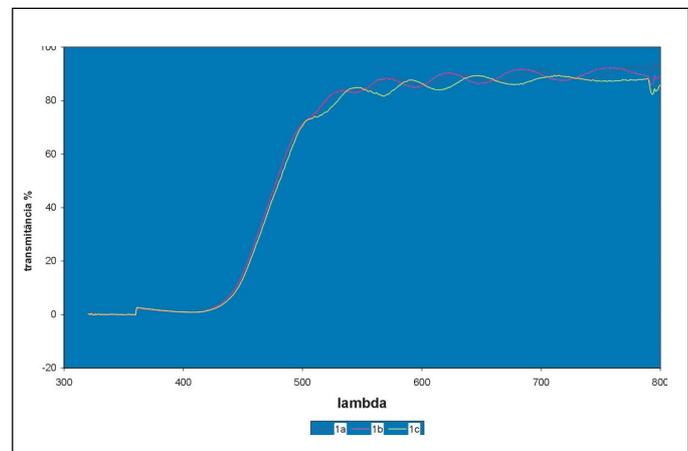


Gráfico 3 - Análise espectrofotométrica em três diferentes posições na lente amarela 2

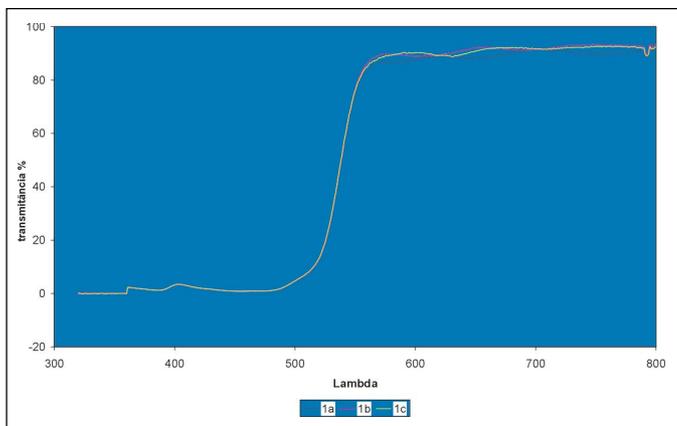


Gráfico 4 - Análise espectrofotométrica em três diferentes posições na lente laranja

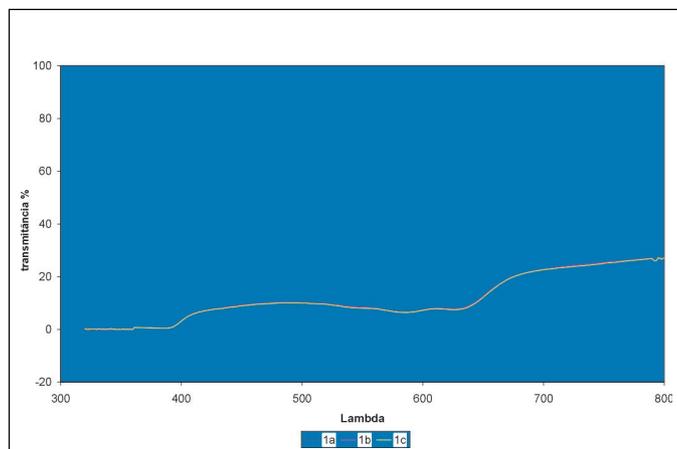


Gráfico 6 - Análise espectrofotométrica em três diferentes posições na lente fumê

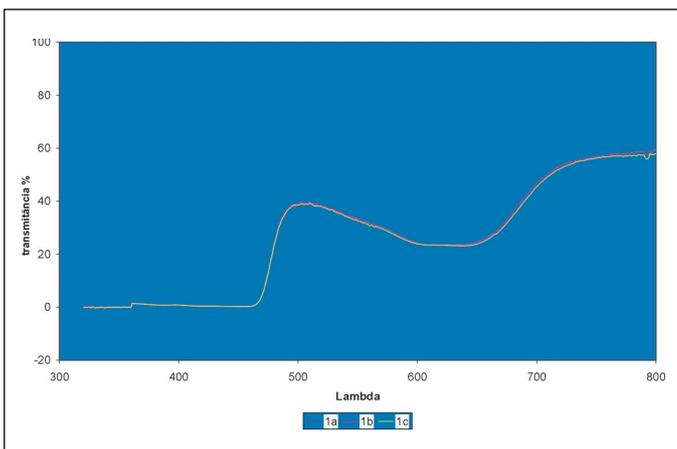


Gráfico 5 - Análise espectrofotométrica em três diferentes posições na lente verde escura

4%, sendo que a lente amarela 1 apresentou a maior média (3,7%) enquanto a fumê apresentou a menor média (0,45%), muito embora não se tenha observado uma diferença estatisticamente significativa entre elas ($p < 0,01$). Podemos observar, também, que a lente amarela 1 não apresentou curva de transmitância contínua, mostrando picos na região azul-violeta.

Chamou-nos a atenção a melhor proteção da lente amarela 2 em comparação à lente amarela 1 e a laranja, fazendo-nos pensar numa melhor qualidade óptica do filtro. Assim, numa prescrição objetivando aumentar o contraste e reduzir o ofuscamento, a lente amarela 2 seria a mais indicada.

Durante o processo de confecção destas lentes de acrílico o material colorido é adicionado à massa de polímeros. Este composto polímero + tingimento sofrerá um processo de termomodulação que será responsável pela forma final da lente.

Ao contrário das lentes de resina fotossensíveis onde o material fotossensível distribui-se uniformemente na face anterior das lentes até uma espessura de 0,15mm^(3,6), no processo de fabricação destas lentes coloridas ocorre uma dispersão em toda a espessura da lente. Este fato resulta em alterações na

densidade óptica com conseqüentes variações na curva de transmitância.

Isto explica porque foram encontradas alterações no perfil espectrofotométrico nos três pontos distintos 1a 1b 1c da mesma lente; como também as lentes de tonalidade clara, que apresentam maior perfil de transmitância (lentes amarela 1, amarela 2 e laranja) evidenciaram maior variabilidade quando comparadas às lentes verde escuro e fumê. Todavia estas alterações não foram estatisticamente significativas.

Os filtros CPF (Corning photochromic filter) são lentes de cristal fotocromático, o que os torna o filtro de escolha. Infelizmente, o seu alto custo dificulta o seu uso em muitos de nossos pacientes.

As lentes absorvivas Noir (NOIR Medical Technologies) são lentes de acrílico, eliminam uma porção considerável da luz UV e reduz o espectro visível. Suas características se assemelham às lentes aqui estudadas, não justificando a sua importação.

Segundo Rosenberg, as lentes absorvivas para pacientes com baixa visão devem ter as características básicas: reduzir ou eliminar todo comprimento de onda inferior a 400nm, apresentar uma curva de transmitância contínua, sem picos na região azul-violeta, reduzir ao mínimo a AV e a discriminação de cor⁽⁷⁾.

Diferentes filtros podem ser prescritos para situações diversas. Em condições normais o filtro amarelo pode ser prescrito para reduzir o ofuscamento noturno. Um portador de retinose pigmentária com queixas de ofuscamento pode utilizar-se de um filtro amarelo nas atividades de baixo nível de iluminação e cinza escuro em ambiente externo. A escolha do filtro é sempre subjetiva e o paciente deve participar de sua escolha.

As lentes filtrantes coloridas constituem importante auxílio não óptico a ser considerado. Os filtros devem ser prescritos com cautela, pois além de interferir na discriminação de cores e na luminosidade, a sua coloração faz com que muitos pacientes os rejeitem.

As lentes estudadas, com exceção da lente amarela 1, mos-

taram importante redução da luz para comprimentos de onda inferiores a 400nm e uma curva de transmitância contínua o que permite a sua prescrição em indicações específicas.

CONCLUSÃO

Em se tratando de proteção UVA todas as lentes estudadas obtiveram índices de segurança adequados. Na faixa espectral de 320 a 400 nm, todas as lentes apresentaram transmitância inferior a 4% sendo que a lente amarela 1 apresentou a maior média (3,7%) enquanto, a fumê apresentou a menor média 0,45%. Contudo não foi observado uma diferença estatisticamente significativa entre estas lentes.

A lente amarela 1 não apresentou curva de transmitância contínua, mostrando picos na região azul-violeta.

A lente amarela 2 mostrou melhor proteção em comparação à lente amarela 1 e a laranja, fazendo-nos pensar numa melhor qualidade óptica do filtro.

Todas as lentes estudadas apresentaram padrões de transmitância bastante individualizados, com curvas variáveis para os diversos comprimentos de onda.

Na análise espectrofotométrica realizada em diferentes posições da mesma lente (posições 1 a, 1b e 1c) foi possível constatar uma diversidade na curva de variância, apesar de não demonstrar uma diferença estatisticamente significativa.

AGRADECIMENTOS

À Dra. Luciene por todo apoio, otimismo, confiança e amizade que com certeza não só viabilizaram esta tarefa como a tornaram bastante prazerosa. Ao professor Luiz Alberto Cury e ao estudante de iniciação científica do departamento de física do ICEX Flávio Alexandre Costa de Oliveira. Também ao Sr. Wagner Martins, técnico óptico e a Srta. Andrea Rezend, Consultora óptica da Essilor.

ABSTRACT

Purpose: Determination of transmittance curves through spectrophotometric measurements of color filtering lenses sub-

mitted to UVA and light visible radiation, and comparison of the results in the band between 320 and 800 nanometres (nm). **Methods:** The filtering color of Danny yellow 1, orange, green and grey and Rio de Janeiro yellow 2 lenses have been analyzed using JEM Way model 6.400 spectrophotometer. **Results:** All lenses showed distinct and variable transmittance in the spectrum of UVA and light visible radiation. In the bands between 320 and 400 nm all lenses showed less than 4% of transmittance. The yellow 1 showed the greatest average (3.7%) while the grey lens showed the smallest average (0.45%). Nevertheless no statistical differences were observed between those lenses. We analyzed the transmittance curve in three different lens positions and no statistically significant differences were found. **Conclusion:** Spectrophotometric properties need to be determined in order to indicate color-filtering lenses with safety. The capacity of filtering light radiation is more important than the fact of being colored or not.

Keywords: Hydrophilic contact lenses; Ultraviolet spectrophotometry/methods; Eye protective devices; Intraocular lenses; Ultraviolet rays; Radiation; Retina/physiopathology; Light

REFERÊNCIAS

1. Alves MAS. Energia radiante. In: Alves AA. Refração. Rio de Janeiro: Cultura Médica; 1989. p.3-7.
2. Arieta EC. Danos oculares induzidos por raios ultravioletas. [online]. [citado 2002 Jan 8]. Disponível em: URL: <http://www.hospvirt.org.br/oftalmologia/port/artigos/ultraviol.htm>
3. Duarte A. Recursos ópticos à disposição do médico oftalmologista. Arq Bras Oftalmol 1997;60:320-30.
4. Faye EE. Guide to selecting low vision optical devices. In: Faye EE. Clinical low vision. 2nd ed. Boston: Little; 1984. p.141-2.
5. Nowakowsky RW. Low vision rehabilitation for children. In: Nowakowsky RW. Primary low vision care. Connecticut: Appleton & Lange. 1994. p.231-4.
6. Oliveira PR, Oliveira AC, Oliveira FC. A radiação ultravioleta e as lentes fotocromáticas. Arq Bras Oftalmol 2001;64:163-5.
7. Rosenberg R. Light, glare, and contrast in low vision care. In: Faye EE. Clinical low vision. 2nd ed. Boston: Little; 1984. p.197-212.
8. Silva SV, Fernandes LC, Teixeira AVNC. Espectrofotometria em lentes oftálmicas filtrantes sob radiação ultravioleta A e luz visível [abstract]. Arq Bras Oftalmol 2001;64(Suppl 4):62.[Apresentado no 31º Congresso Brasileiro de Oftalmologia; 2001; São Paulo 5 a 9 Set. 2001].
9. Williams DR. Functional adaptive devices. In: Rosenthal BP, London R, Cole R. Functional assessment of low vision. Missouri: Mosby; 1996. p.71-92

ABO ELETRÔNICO

N ovo site

A cesso: <http://www.abonet.com.br>