



LENTE ABSORVENTES E REVESTIMENTOS DE LENTES

AUTOR

David Wilson: Brien Holden Vision Institute (BHVI), Sydney, Australia

REVISOR

Mo Jalie: Visiting Professor: University of Ulster, Varilux University in Paris

ESTE CAPÍTULO INCLUI UMA REVISÃO DE:

- Espectro electromagnético
- Classificação de radiação óptica
- Efeitos da radiação
- Energia radiante e o olho
- Radiação ultravioleta
- Radiação visível
- Radiação de infravermelho
- Atenuação da radiação
- Factor de transmissão luminosa
- Lentes de absorção
- Categoria de lentes tingidas
- Óculos de sol de especialidade
- Atenuação dos UV
- Atenuação dos IV
- Factores de sinal (valores Q)
- Óculos de sol ideais
- Reflexo da superfície das lentes
- Revestimento antireflexo
- Revestimento resistente ao risco

ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

O espectro electromagnético estende-se desde os raios gama mais curtos até às ondas de rádio mais longas. Três bandas do espectro são de extrema importância em óptica oftálmica, o espectro visível, infravermelho e ultravioleta.

O espectro visível estende-se do violeta, começando perto dos 380 nanómetros até ao vermelho, acabando em cerca de 780 nm. Considera-se que o espectro consiste de seis faixas (alguns textos referem sete), vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e violeta. O olho humano é mais sensível ao comprimento de onda 555 nm e a sensibilidade cai em direcção às extremidades do espectro. O infravermelho é motivo de preocupação em determinados ambientes industriais, apesar de o infravermelho solar ser de relativa preocupação porque o seu comprimento de onda mais longo torna-o mais difícil de ser absorvido.

Os comprimentos de onda mais curtos são de maior preocupação clínica, nomeadamente perto do ultravioleta próximo de 315 nm-380 nm para efeitos a longo prazo e ultravioleta eritema (280 a 315 nm) para efeitos imediatos.

Esta aula examina os efeitos da radiação e os métodos para atenuar formas particulares de radiação.

CLASSIFICAÇÃO DA RADIAÇÃO ÓPTICA

A absorção da radiação pode produzir vários efeitos:

1. **Efeito térmico:** Quando a energia é convertida em energia térmica.
Ex. O aumento da temperatura de um corpo exposto a radiação infravermelha.
2. **Efeito fotoquímico:** Quando a radiação cria uma reacção química.
Ex. A exposição de uma lente de fotocromática a ultravioletas provoca uma alteração nos cristais halide de prata da lente.
3. **Efeito fotoluminescente:** Ocorre quando um comprimento de onda é absorvido e, em seguida, emitido como um comprimento de onda diferente (geralmente mais longo)
Ex. O cristalino absorve ultravioleta e emite luz violeta visível.

EFEITOS DA RADIAÇÃO

A radiação pode afectar tecidos vivos ao destruir células vivas ou causar um funcionamento anormal. Estes efeitos podem ser directos ou indirectos.

O dano causado depende de:

1. Tempo de exposição
2. Concentração
3. Tipo de radiação

No caso dos tecidos oculares, baixos níveis de radiação (nomeadamente UV) criam um risco para a córnea e para a conjuntiva. Altos níveis de radiação (em particular UV) causam graves danos à córnea e contribuem para a formação de catarata. A exposição à radiação pode, também, em última análise, provocar danos / degeneração retiniana ou cegueiras.

ENERGIA RADIANTE E O OLHO

Redução do funcionamento do olho pode ocorrer como resultado de:

1. Absorção da radiação pelos meios
2. Dispersão da radiação
3. Reflexão
4. Aberrações

A concentração da energia radiante depende de:

1. Tamanho da fonte
2. Intensidade da Fonte
3. Tamanho da Pupila

Transmissão através dos tecidos oculares:

A Tabela 15.1 mostra o intervalo de comprimentos de onda transmitidos pelos meios oculares.

Tabela 15.1: Transmissão de vários meios oculares

Componentes Oculares		Ultravioleta (nm)	Visível (nm)	Infravermelho (nm)
Filme Lacrimal		290 – 380	380 - 760	760 – 3000
Córnea		290 – 380*	380 - 760	760 – 3000*
Humor Aquoso		290 – 380*	380 – 760	760 – 3000*
Cristalino	Adulto	310 – 380*	380 – 760	760 – 2500*
	Criança	375 - 380*	380 - 760	760 – 2500*
Vítreo		290 - 380*	380 - 760	760 – 1600*

RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

A radiação ultravioleta é de extrema importância na óptica oftálmica. Pode ser classificado da seguinte forma:

- UVA 315 nm para 380 nm (também referido como ‘ultravioleta próximo’): Os efeitos UVA são acima de tudo a longo prazo.
- UVB 280nm para 315nm (também conhecido como ‘ultravioleta eritema’): Os UVA são responsáveis pelas queimaduras solares.
- UVC 100nm para 280nm: Os UVA podem ser criados em ambientes industriais mas os UVC são completamente absorvidos pela atmosfera da terra.

Uma exposição aguda aos ultravioletas é responsável por queimaduras solares e condições oculares, como fotoftalmia, fotoqueratite e fotoconjuntivite. Uma exposição crónica aos ultravioletas é responsável por condições tais como pterígio, pingüécua e catarata.

UVA	Efeitos agudos <ul style="list-style-type: none"> • Retinopatia fotoquímica (afáquicos) • Bronzear da pálpebra Efeitos crónicos <ul style="list-style-type: none"> • Catarata Brunescente • Degeneração macular • Melanoma Maligno
UVB	Efeitos agudos <ul style="list-style-type: none"> • Fotoqueratoconjuntivite • Catarata • Eritema na pele da pálpebra Efeitos crónicos <ul style="list-style-type: none"> • Pterígio • Queratopatia em banda • Degeneração do endotélio corneal • Carcinoma celular basal e escamoso
UVC	<ul style="list-style-type: none"> • Os efeitos agudos são muito prejudiciais • Não existem efeitos crónicos

RADIAÇÃO VISÍVEL

A parte do espectro electromagnético que é visível ao olho humano. Os comprimentos nos quais existe absorção estão compreendidos entre 380 e 780 nm.

Enquanto a exposição aos níveis ambientais não seja perigosa, a exposição a níveis elevados pode criar:

- Lesão fotoquímica
- Lesão térmica

Uma exposição prolongada a ambientes com níveis de comprimentos de onda violetas e azuis podem levar a danos nos cones e epitélio pigmentar da retina.

RADIAÇÃO DO INFRAVERMELHO

CLASSIFICAÇÃO	<ul style="list-style-type: none">• IVA 780 nm para 1400 nm• IVB 1400 nm+ <p>A energia do fotão diminui à medida que o comprimento de onda aumenta.</p> <p>A maioria dos danos IR ocorreu entre 780 nm e 2000 nm.</p> <p>Fontes artificiais produzem níveis mais elevados de IR do que aqueles presentes no ambiente.</p>
EFEITOS DOS INFRAVERMELHOS	<p>Os efeitos dos aumentos de temperatura enquanto resultado da exposição a infravermelhos são:</p> <ul style="list-style-type: none">• Perda da função das proteínas• Potencial morte celular <p>Ao contrário dos ultravioletas, não há nenhum período de latência de radiação de infravermelho.</p> <p>Os efeitos oculares dos infravermelhos são:</p> <p>Córnea: Coagulação, desidratação, opacidade Íris: Congestão, despigmentação e atrofia Cristalino: Esfoliação capsular, Formação da catarata Retina: Queimadura necrótica</p>

ATENUAÇÃO DA RADIAÇÃO

A radiação pode ser atenuada usando filtros de reflexão ou, mais comuns, filtros de absorção, ou seja, lentes tingidas.

A radiação incidente numa lente será reflectida, absorvida e transmitida em várias proporções. As lentes tingidas controlam estas proporções relativas.

A transmissão pode ser medida enquanto factor de transmissão espectral (T_λ), que, para um determinado comprimento de onda é:

$$T_\lambda = \text{Luz transmitida} / \text{Luz incidente}$$

A capacidade de uma lente em absorver um determinado comprimento de onda pode também ser definida pela sua densidade, a qual é:

$$D_\lambda = \log_{10} (1 / T_\lambda)$$

FACTOR DE TRANSMISSÃO LUMINOSA

As características de absorção e transmissão das lentes coloridas são geralmente medidas pelo factor de transmitância luminosa (FTL) ou T_c .

O FTL mede o desempenho da lente em todo o espectro visível.


O FTL é descrito em relação a um olho padrão visualizando uma fonte padrão.

O FTL que tem os dados publicados para lentes, indicando as suas características de absorção ou transmissão, ou seja, a densidade da coloração.

LENTE DE ABSORVENTES

A transmissão da radiação electromagnética, incluindo ultravioleta, infravermelhos e o espectro visível pode ser reduzida através do reflexo ou absorção. A maioria das lentes desenvolvidas para reduzir a transmissão são filtros de absorção (Figura 15.1) e as suas características de transmissão (percentagem de transmissão) dependerá da sua cor e natureza.

Os principais grupos de lentes absorventes são:

LENTE DE PLÁSTICO (TINGIDAS)	As lentes de plástico são tingidas por imersão num recipiente quente para essa finalidade (cerca de 92 ° C). O corante penetra a superfície da lente ou seu revestimento duro. Na verdade, com policarbonato é apenas o revestimento duro que aceita a tonalidade; o policarbonato não pode ser tingido após a produção. Algumas marcas de óculos de sol de policarbonato dão uma coloração adicional ao policarbonato durante a produção, dando-lhe o efeito de um vidro sólido tingido.	
LENTE DE VIDRO (COLORAÇÃO EM VÁCUO)	Os vidros tingidos em vácuo são produzidos numa câmara de vácuo da mesma forma que um revestimento antireflexo. As lentes são mantidas num disco dentro de uma câmara de vácuo que gira em cima de um cadinho aquecido contendo óxido metálico, o qual irá produzir a tonalidade. O óxido evapora formando um filme sobre a superfície posterior da lente. Vários óxidos produzem diferentes tons, por exemplo o óxido ferro é verde, óxido de cério é rosa etc.	
LENTE DE VIDRO (COLORAÇÃO SÓLIDA)	 <p>Figura 15.1: Lentes Absorventes</p>	<p>As lentes de vidro com uma tonalidade sólida têm o óxido metálico misturado com o vidro durante o seu fabrico. Assim, a densidade de uma tonalidade de lente de vidro varia de acordo com a espessura da lente.</p> <p>Apenas algumas lentes especializadas estão ainda em uso, no entanto, vidro fotocromático, é também produzido desta forma.</p>

CATEGORIA DAS LENTES COM COLORAÇÃO

Existem inúmeras maneiras de categorizar lentes tingidas e alguns países aprovaram leis fazendo estas normas de categorizações. Uma forma de categorizar usada nos Estados Unidos é a seguinte:

CATEGORIA 1:	<ul style="list-style-type: none"> • Lentes que absorvem o espectro uniformemente • Lentes que têm uma absorção de UV e IV menor que o vidro crown
CATEGORIA 2:	<ul style="list-style-type: none"> • Lentes que absorvem UV • Lentes que transmitem uniformemente luz visível
CATEGORIA 3:	<ul style="list-style-type: none"> • Lentes que absorvem luz UV e IV • Lentes que transmitem uniformemente luz visível
CATEGORIA 4:	<ul style="list-style-type: none"> • Lentes que absorvem visível de uma forma não uniforme
CATEGORIA 5:	<ul style="list-style-type: none"> • Lentes que absorvem bandas especiais • Lentes que têm finalidades ocupacionais específicas

ÓCULOS DE SOL DE ESPECIALIDADE

(Categoria 5 nos grupos prévios)

FILTROS DE CONTRASTE

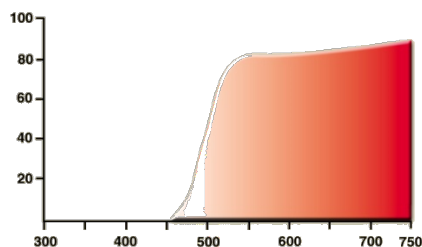


Figura 15.2: Filtros de Contraste

Esses filtros têm uma cor amarela brilhante e destinam-se a aumentar o contraste em condições de nebulosidade, ou durante o crepúsculo (Fig. 15.2). Eles também realçam as sombras, por exemplo, torna-se mais fácil para um esquiador ver as ondulações na neve, na pista de esqui. Para além do esqui são populares para atiradores e muitas vezes também são referidos como óculos de condução nocturna devido à sua eficácia ao entardecer onde o contraste é fraco. Apesar do seu nome, não devem ser recomendados para a condução nocturna, uma vez que, como todos os óculos de sol, reduzem a transmissão dos já baixos níveis de luz. Eles cortam muito da luz azul do espectro que é outro factor sugerindo que deve ser usado de forma cautelosa ao prescrevê-los a pacientes. Vamos discutir este efeito um pouco mais tarde.

FILTROS DE ABSORÇÃO AO AMARELO

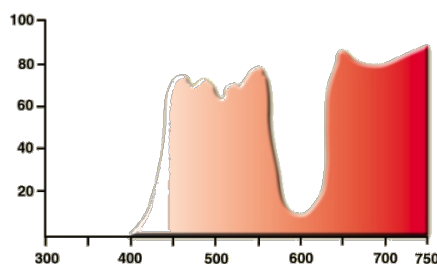


Figura 15.3: Filtros de Absorção ao Amarelo

Este é um tipo de lente muito especializado. São geralmente de cor lilás e têm um gráfico de transmitância pouco comum (Fig. 15.3). Enquanto transmitem ambas as extremidades azuis e vermelhas do espectro, estes absorvem significativamente a parte amarela do espectro. Isso torna-os úteis para aumentar o contraste entre o vermelho e o verde para o qual eles são usados. São quase exclusivamente prescritos para pacientes com cegueira de cor vermelha/verde.

FILTROS FOTOCROMÁTICOS

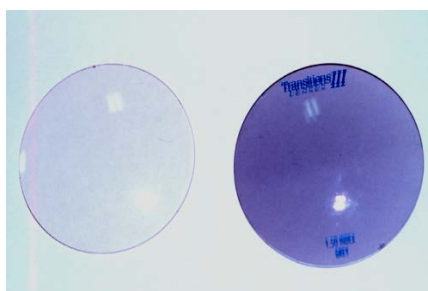


Figura 15.4: Filtros Fotocromáticos

Os filtros de fotocromáticos surgiram enquanto lentes de vidro com um haleto de prata misturado com o vidro, produzindo o efeito de uma tonalidade sólida. Quando activado pela luz ultravioleta, a lente escureceria e quando removida o ultravioleta retornaria ao estado mais leve (Fig. 15.4). Mais recentemente, as lentes de plástico estão disponíveis em fotocromático, com o material plástico embebido com o químico fotocromático. Estas lentes são frequentemente referidas como tons de conforto porque se ajustam às condições experimentadas pelo utente e também porque geralmente não escurecem tanto quanto a maioria dos 'óculos de sol'.

LENTE POLARIZADAS



Figura 15.5: Lente Polarizada

As lentes polarizadas reduzem a transmissão da luz que se propaga num plano (Fig. 15.5). Os seus eixos de polarização são definidos de forma que só transmitam luz que se propaga verticalmente. Assim, luz parcialmente polarizada reflectida, por exemplo, da superfície de um lago que se propaga no meridiano horizontal será absorvida pelas lentes polarizadoras. As lentes polarizadas são, portanto, mais adequadas para áreas onde é provável que seja reflectido brilho.

RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

A radiação solar UV é mais preocupante que outras formas de radiação. Em especial UVB, ou eritema solar ultravioleta, pode causar danos significativos. UV é particularmente insidiosa, já que não pode ser sentido, ao contrário de infravermelhos, e os seus efeitos são cumulativos. Os UVC não alcançam a terra, sendo absorvidos pela atmosfera. Os UVB, UVA considerados menos perigosos (UV próximos) também contribuem para várias condições oculares, incluindo cataratas.

Os UV também podem ser produzidos artificialmente, nomeadamente na soldagem em arco e lâmpadas ultravioletas. Em tais casos o paciente precisa de ter protecção para os olhos de forma a atenuar a radiação UV.

ATENUAÇÃO DOS UV

LENTE DE PLÁSTICO COM REVESTIMENTO UV

Ultravioleta solar é relativamente fácil de absorver e o CR-39 vulgar vai absorver cerca de 92% dos UV. Tratadas com um inibidor de UV, um revestimento quase claro, o CR-39 vai absorver todos os UV solares. Óculos de sol geralmente são tratados com um revestimento de UV antes de serem tingidos. Assim, eles irão absorver a luz visível e 100% dos UV.

POLICARBONATO

O policarbonato é muito eficaz na absorção de UV solares e não requer nenhum tratamento adicional. Absorve quase todos os UV solares.

VIDRO SÓLIDO TINGIDO

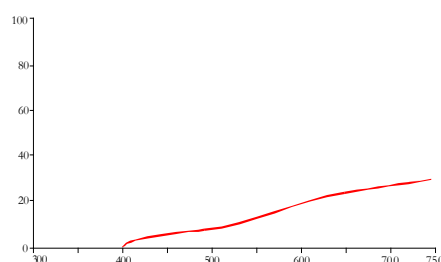
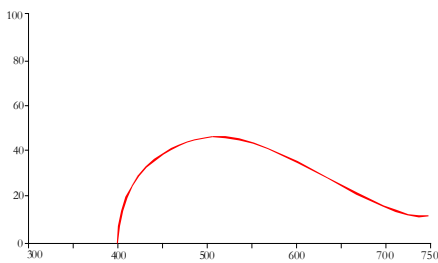


Figura 15.6: Atenuação dos raios UV

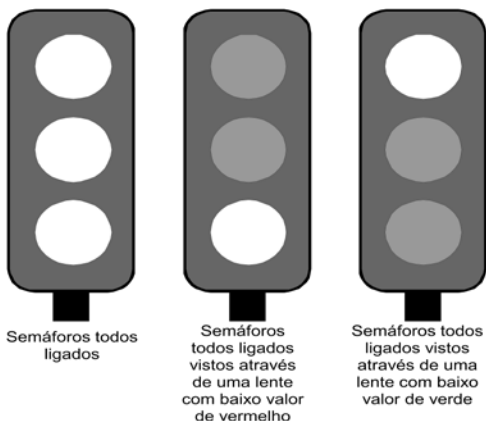
Vidro sólido tingido com o óxido apropriado são muito eficazes na absorção de UV, embora não mais eficaz na atenuação dos UV solares do que o policarbonato ou o CR-39 tratados (Fig. 15.6). Actualmente, o vidro sólido tingido é raramente usado excepto para os UV produzidos artificialmente tal como soldagem a arco.

ATENUAÇÃO DE IV

LENTE DE PLÁSTICO	Infravermelhos solares são muito mais difíceis de absorver. O CR-39 e plásticos semelhantes, mesmo quando tingidos, não têm um efeito significativo no IV.
POLICARBONATO	O policarbonato, também, não é muito eficaz na absorção solar de IV, no entanto, existem lentes de policarbonato pré feitas de óculos de sol de que absorvem quantidades significativas de IV solar.
POLICARBONATO	 <p>Tal como acontece com os UV, vidros sólidos tingidos com o óxido adequado são muito eficazes na absorção de IV (Fig. 15.7). Embora raramente usado hoje em dia, eles continuam a ser a forma mais eficaz de atenuar IV produzidos artificialmente, tal como na soldagem a oxigénio.</p> <p>Figura 15.7: Atenuação dos Raios IV</p>

FACTORES DE SINAL (VALORES Q)

Os valores Q substituem os antigos factores de coloração vermelho e violeta. Eles têm em conta as cores principais dos sinais luminosos azul, verde, amarelo e vermelho cada uma atenuação relativa mínima da detecção do sinal luminoso (Q).

AZUL	O valor Q azul é uma relação entre o coeficiente de transmissão da luz azul para o factor de transmissão luminosa, ou seja, a transmissão de azul em relação à transmissão de todo o espectro visível. Um factor de 1 seria normal e esperado para uma lente cinzenta. Uma lente com um valor Q azul, absorveria a ponta azul do espectro e iria afectar negativamente cores relativas.
VERDE	O valor Q verde é uma relação entre o coeficiente de transmissão da luz verde para o factor de transmissão luminosa, ou seja, a transmissão de verde em relação à transmissão de todo o espectro visível. Por exemplo, na Figura 15.8, a luz verde num conjunto de semáforos parece estar desligado. Lentes coloridas de vermelho seriam de esperar para ter um valor Q verde muito baixo.
AMARELO	O valor Q amarelo é uma relação entre o coeficiente de transmissão da luz amarela para o factor de transmissão luminosa, ou seja, a transmissão de amarelo em relação à transmissão de todo o espectro visível. O amarelo é importante enquanto um sinal de cor uma vez que é usado enquanto luz de aviso de veículos.
VERMELHO	 <p>O valor de Q vermelho é a relação entre o coeficiente de transmissão da luz vermelha para o factor de transmissão luminosa, ou seja, a transmissão de vermelho em relação à transmissão de todo o espectro visível. Um factor de 1 seria normal e esperado de uma lente cinzenta. Uma lente com um valor Q vermelho muito baixo absorveria o vermelho final do espectro e iria afectar negativamente cores relativas. Por exemplo, na Figura 15. 8, a luz vermelha num conjunto de semáforos pareceria estar desligado. Isto poderia levar a consequências perigosas. Seria de esperar que as lentes coloridas azuis e verdes teriam um valor Q vermelho de Q muito baixo.</p> <p>Figura 15.8: Factores de Sinal (Valores Q)</p>

ÓCULOS DE SOL IDEAIS

Transmissão luminosa entre 50% e 15%: A transmissão de mais de 50% é considerado demasiado leve para ser uma lente de óculos de sol verdadeira, enquanto a transmissão inferior a 15% é muito escura e, portanto, não segura.

Transmissão uniforme do espectro: uma lente que transmite todas as cores do espectro uniformemente e que, por conseguinte, tem valores Q de 1, não afectará a aparência relativa de cores. Por outro lado, uma lente castanha seria, por exemplo, fazer objectos azuis ou verdes parecerem mais cinzentos enquanto uma lente verde teria o mesmo efeito no vermelho e castanho.

Eliminação completa de UVA e UVB: uma lente de óculos de sol ideal eliminaria totalmente o ultravioleta solar (Fig. 15. 9). A redução de infravermelhos solar também seria desejável, mas esta é geralmente impraticável.

Dado que os óculos de sol são usados no exterior e muitas vezes para actividades físicas também seria desejável uma resistência razoável ao impacto numa lente de óculos de sol ideal.

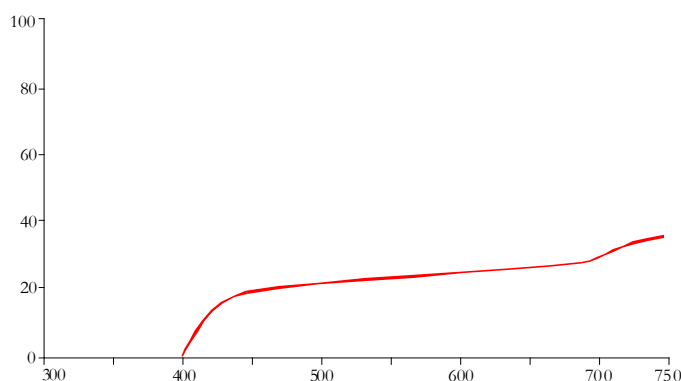


Figura 15.9: Curva de transmissão indicando a eliminação dos UVA e UVB

REFLEXOS DAS SUPERFÍCIES DAS LENTES

A luz perde-se no reflexo em ambas as superfícies da lente de um óculo. Para lentes sem coloração de índices normais (CR-39 e vidro crown) é cerca de 4%. A quantidade exacta pode ser calculada usando o Factor de Reflexão de Fresnel.

Factor de Reflexão de Fresnel

$$r = [(n' - n) / (n' + n)]^2$$

Por Exemplo

Para CR-39 ($n = 1.498$)

$$\begin{aligned} r &= [(1.498 - 1) / (1.498 + 1)]^2 \\ &= 0.0397 \\ &= 3.97\% \text{ reflectido em cada superfície} \end{aligned}$$

Higher index lenses will create more reflection at each surface.

Por Exemplo:

Para vidro de alto Índice ($n = 1.806$)

$$\begin{aligned} r &= [(1.806 - 1) / (1.806 + 1)]^2 \\ &= 0.0825 \\ &= 8.25\% \text{ reflectido em cada superfície} \end{aligned}$$

REVESTIMENTOS ANTIREFLEXO

Os revestimentos anti-reflexo e mais recentemente os revestimentos anti-reflexo multi-camadas mais recentes reduzem significativamente o reflexo em cada superfície. O princípio em que se baseia o anti-reflexo é a interferência. Para um revestimento anti-reflexo de camada única, a espessura do revestimento da óptica é um quarto do comprimento de onda de luz (amarelo de cerca de 550 nm é usado enquanto a referência do comprimento de onda para a luz) (Fig. 15.10). Assim, a espessura óptica de revestimentos únicos é aproximadamente 137 nm.

Os revestimentos anti-reflexo (A/R) fazem uma diferença considerável no que respeita à aparência dos óculos, retirando o efeito espelhado da lente. Também melhora a função visual, reduzindo o incômodo dos reflexos múltiplos para fora da superfície das lentes.

Revestimentos A/R são particularmente importantes para lentes de alto índice e lentes de forma simples, tais como as novas lentes asféricas. Como apresentado na página anterior, uma lente de índice de refração 1.806 perderá 15.8% para reflexo, em comparação com CR-39, que iria perder cerca de 8%.

Além disso, lentes de formato plano criam reflexos problemáticos para o utilizador. Quanto mais plana a superfície mais visíveis serão os reflexos nas superfícies.

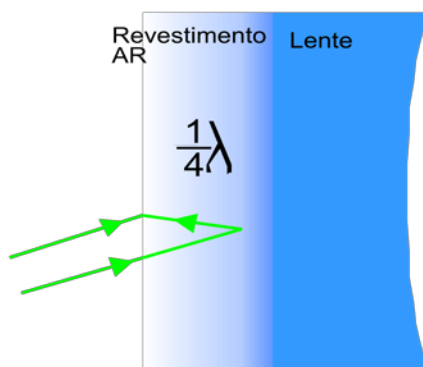


Figura 15.10: Revestimento antireflexo

REVESTIMENTOS RESISTENTES AO RISCO

Revestimentos anti-risco para lentes de plástico foram desenvolvidos devido à relativa falta de durabilidade da superfície plástica (Figura 15.11). Enquanto CR-39 é razoavelmente duradouro, alguns materiais, tais como policarbonato não são recomendados sem revestimento. Os revestimentos A/R em lentes de plástico são aplicados após os revestimentos antirisco.

Enquanto os revestimentos ant-risco melhoram a durabilidade da superfície das lentes de plástico também reduzem a resistência ao impacto. Isso deve ser considerado se a resistência ao impacto é um critério importante para a selecção de lente. Embora também reduzido no que respeita à resistência ao impacto, um policarbonato revestido tem uma resistência ao impacto muito superior a qualquer outro material revestido ou não revestido.

A maior parte das lentes de plástico com revestimentos resistentes e revestimentos A/R também recebem um revestimento hidrofóbico destinado a fazer a limpeza mais fácil.



Figura 15.11: Revestimento antirisco

SUMÁRIO

O uso de tonalidades apropriadas na atenuação de formas especiais de radiação é uma parte importante da óptica oftálmica e da prescrição de lentes oftálmicas. Certas formas de radiação, em particular as ultravioletas, revelaram ter consequências graves nos olhos e na visão. As lentes coloridas oferecem protecção contra os efeitos prejudiciais dessas radiações.

Também é importante considerar o conforto visual e os efeitos de coloração de certas tonalidades que podem condicionar certas actividades, nomeadamente o perigo na condução.

BIBLIOGRAFIA

Jalie M. 2003. *Ophthalmic Lenses and Dispensing*. Butterworth Heinemann, London.

Jalie M. 1984. *Principles of Ophthalmic Lenses*, ABDO, London.

Wakefield KG and Bennet AG. 2000. *Bennett's Ophthalmic Prescription Work*, Butterworth-Heinemann.

Brooks CW and Borish IM. 2006. *System of Ophthalmic Dispensing*. Butterworth Heinemann.

Brooks CW. 2005. *Essentials of Ophthalmic Lens Finishing*. Butterworth-Heinemann.

Wilson D. 2006. *Practical Optical Dispensing 2nd Edition*. Open Training and Education Network, Sydney.

Wilson D and Stenersen S. 2002. *Practical Optical Workshop*. Open Training and Education Network, Sydney.